

24. 02. 03

Rec'd PCT/PTO 29 JUN 2004



10/500506

REC'D 03 MAR 2003

WIPO PCT

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung  
einer Patentanmeldung**

**Aktenzeichen:** 102 20 510.8  
**Anmeldetag:** 08. Mai 2002  
**Anmelder/Inhaber:** Philips Corporate Intellectual Property GmbH,  
Hamburg/DE  
**Bezeichnung:** Bildprojektor und Verfahren zu dessen Betrieb  
**Priorität:** 02.01.2002 DE 102 00 023.9  
**IPC:** G 03 B, H 05 B

**Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.**

München, den 23. Januar 2003  
**Deutsches Patent- und Markenamt**  
**Der Präsident**  
Im Auftrag

Ebert

**PRIORITY  
DOCUMENT**

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

**BEST AVAILABLE COPY**



## BESCHREIBUNG

### Bildprojektor und Verfahren zu dessen Betrieb

Die Erfindung betrifft einen Bildprojektor mit einer High-Intensity-Discharge HID-Lampe gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1 und ein Verfahren zu seinem  
5 Betrieb gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 17.

Derartige Bildprojektoren mit HID-Lampen sind aus dem Stand der Technik grundsätzlich bekannt und werden dort vorwiegend für Video- oder Präsentationszwecke verwendet. Diese Lampen zeichnen sich durch eine sehr hohe Lichtausbeute bei gleich-  
10 zeitig geringem Volumen aus. Sie haben jedoch den Nachteil, dass ihr Lichtbogen unkontrolliert, d.h. zu nicht vorhersehbaren Zeitpunkten, plötzlich springt. Springen bedeutet, dass der Lichtbogen eine neue Position einnimmt, welche ca. 10 bis mehr als  
250 µm von der ursprünglichen Position entfernt liegt. Das menschliche Auge nimmt  
15 dieses Bogenspringen als einen kurzzeitigen Ruck in einem dargestellten oder projizierten Bild wahr. Für Menschen mit empfindlichen Augen kann dieser Effekt bei einer  
Bildbetrachtung störend wirken und es ist deshalb erforderlich, ihn zu beseitigen.

Physikalisch bewirkt das Bogenspringen durch die Eigenschaften des der Lampe nachgeschalteten Projektionssystems eine Veränderung der Helligkeit, d.h. der  
20 Helligkeitsverteilung und / oder der Gesamthelligkeit, des dargestellten Bildes in der Größenordnung einiger Prozentpunkte.

Aus der EP 766906 A1 ist ein sehr wirkungsvolles Verfahren bekannt, um den Effekt des Bogenspringens als solchen und die damit verbundenen Veränderungen der  
25 Helligkeit des Lichtes im Strahlengang des Bildprojektors zu vermeiden. Das dort offenbarte Verfahren sieht vor, die HID-Lampe mit einem Strom zu speisen, dessen Verlauf kurz vor der Kommutierung einen zusätzlichen Impuls aufweist. Nachteilig an diesem bekannten Verfahren ist jedoch, dass es nicht kompatibel mit modernen  
Anzeigeeinrichtungen ist, die ein zeitsequenzielles Darstellungsverfahren verwenden.  
30 Derartige Anzeigevorrichtungen verlangen nach Lampen mit konstanter Gesamt-

helligkeit und Helligkeitsverteilung, was bei dem aus der EP 766906 A1 bekannten Verfahren aufgrund des zusätzlichen Stromimpulses nicht gewährleistet werden kann.

Ausgehend von diesem Stand der Technik ist es deshalb die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, einen bekannten Bildprojektor sowie ein bekanntes Verfahren zu dessen Betrieb derartig weiterzubilden, dass die Auswirkungen des Bogenspringens in Form von Veränderungen der Gesamthelligkeit und/oder der Helligkeitsverteilung eines auf eine Bildschirmeinrichtung projizierten Bildes für das menschliche Auge nicht wahrnehmbar sind.

Diese Aufgabe wird durch den Gegenstand des Patentanspruchs 1 gelöst. Demnach umfasst der bekannte Bildprojektor eine Sensoreinrichtung zum Erfassen der Helligkeit, insbesondere der Helligkeitsverteilung und/oder der Gesamthelligkeit, des auf das Anzeigefeld auftreffenden Lichtes zu verschiedenen Zeitpunkten; eine Vergleichereinrichtung zum Vergleichen der von der Sensoreinrichtung zu einem vorherigen Zeitpunkt  $t-2$  und zu einem Zeitpunkt  $t-1$ , welcher zeitlich später liegt als der Zeitpunkt  $t-2$ , erfassten Helligkeit des Lichtes und zum Erzeugen eines Helligkeits-Steuersignals, welches eine durch ein zwischen den Zeitpunkten  $t-2$  und  $t-1$  stattgefundenes Bogenspringen in der HID-Lampe bedingte Veränderung der Helligkeit repräsentiert; und eine Regelungseinrichtung zum Kompensieren der festgestellten Veränderung der Helligkeit im Ansprechen auf das Helligkeits-Steuersignal durch Rücksetzen der Helligkeit des auf die Bildschirmeinrichtung (118) auftreffenden Lichtes zu einem zeitlich später als  $t-1$  liegenden Zeitpunkt  $t_0$  insbesondere auf die zu dem vorherigen Zeitpunkt  $t-2$  erfasste Helligkeit und durch nachfolgendes Überführen der rückgesetzten Helligkeit während eines vorbestimmten Zeitintervalls  $T$  in die zu dem späteren Zeitpunkt  $t-1$  erfasste Helligkeit, wobei das Rücksetzen der Helligkeit so kurzzeitig nach dem Bogenspringen und das Überführen der Helligkeit während des Zeitintervalls  $T$  so langsam erfolgen, dass die mit dem Bogenspringen, dem Rücksetzen und dem Überführen jeweils verbundenen Änderungen der Helligkeit des auf die Bildschirmeinrichtung (118) auftreffenden Lichtes für das menschliche Auge nicht wahrnehmbar sind.

Bei der vorliegenden Erfindung ist der Begriff Helligkeit stets als Gesamthelligkeit und/oder Helligkeitsverteilung zu verstehen, sofern nicht etwas anderes gesagt ist.

Die Helligkeit im oben definierten Sinne des auf die Bildschirmeinrichtung auf-  
5 treffenden Lichtes bzw. des auf die Bildschirmeinrichtung projizierten Bildes wird durch die verschiedenen Komponenten in dem optischen System des Bildprojektors beeinflusst: Ausgangspunkt des Lichtes ist bekanntermaßen die HID-Lampe, welche das Licht nicht immer in gleicher Weise, sondern insbesondere auf Grund des Bogenspringens zeitlich veränderlich in das optische System einkoppelt. Aus dieser  
10 zeitlich veränderlichen Einkopplung resultiert eine Veränderung der Helligkeit des von der HID-Lampe abgegebenen Lichtes im Zeitverlauf. Weiterhin beeinflusst sowohl das im Strahlengang vorgesehene Anzeigefeld sowie ein eventuell bei speziellen Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung vorgesehenes optisches Filter die Helligkeit des Lichtes, bevor es auf die Bildschirmeinrichtung fällt. Nicht die  
15 Gesamthelligkeit, wohl aber die Helligkeitsverteilung des Lichtes wird gegebenenfalls durch einen zusätzlich im Strahlengang vorgesehenen optischen Integrator beeinflusst. Von der Linseneinheit wird bei der vorliegenden Erfindung idealisierend angenommen, dass sie keinen Einfluss auf die Helligkeit des Lichtes ausübt, d.h. sie wird als ideal durchlässig betrachtet. Da die Erfindung auf zeitvariante Lichteinflüsse abhebt, ist eine  
20 Diskussion sonstiger, stationärer Einflüsse, wie sie beispielsweise von der Linseneinheit ausgeübt werden, an dieser Stelle nicht erforderlich.

Aufgrund der genannten, vielen optischen Komponenten im Strahlengang des optischen Systems ist sowohl die Gesamthelligkeit wie auch die Helligkeitsverteilung des Lichtes  
25 an verschiedenen Orten im Strahlengang unterschiedlich. Mit der beanspruchten Ausgestaltung des Bildprojektors wird erreicht, dass, insbesondere durch das Bogenspringen in der HID-Lampe, bedingte Störungen oder Veränderungen in der Gesamthelligkeit und der Helligkeitsverteilung des von der HID-Lampe abgegebenen Lichtes, keine für das menschliche Auge sichtbaren Auswirkungen in dem auf die  
30 Bildschirmeinrichtung auftreffenden Licht bzw. in dem auf diese projizierten Bildes haben. Dies wird gemäß der Lehre des Patentanspruchs 1 dadurch erreicht, dass die

beschriebenen Störungen in der Helligkeit des von der HID-Lampe ausgegebenen Lichtes im Strahlengang kompensiert werden, bevor das Licht auf die Bildschirmeinrichtung fällt. Die Kompensation erfolgt durch das in Anspruch 1 beschriebene Rücksetzen der Helligkeit zum Zeitpunkt  $t_0$  auf die Helligkeit zum Zeitpunkt  $t-2$  und das  
5 nachfolgende Überführen der Helligkeit während der Zeitdauer  $T$  in die Helligkeit zum Zeitpunkt  $t-1$ .

Besonders wichtig sind dabei die beanspruchten Zeitverhältnisse. Die Zeitdauer zwischen erfolgtem Bogenspringen, Erkennen der Veränderung in der Helligkeit durch  
10 den Vergleich und Rücksetzen der Helligkeit des auf die Bildschirmeinrichtung auftreffenden Lichtes auf die Helligkeit zum Zeitpunkt  $t-2$  vor dem Bogenspringen wird dabei erfindungsgemäß so kurz gewählt, dass das menschliche Auge die zwischenzeitlich erfolgte Veränderung der Helligkeit nicht wahrnimmt; anders ausgedrückt, das menschliche Auge empfindet die Helligkeit zum Zeitpunkt  $t_0$  als unverändert  
15 gegenüber jener zum Zeitpunkt  $t-2$ .

Erst nach dem Rücksetzen der Helligkeit zum Zeitpunkt  $t_0$  erfolgt erfindungsgemäß eine allmähliche Anpassung / Überführung an die durch das Bogenspringen bedingte veränderte Helligkeit. Dabei erfolgt die Überführung der Helligkeit in die zu dem  
20 späteren Zeitpunkt  $t-1$  erfasste Helligkeit so langsam, dass sie von dem menschlichen Auge ebenfalls nicht wahrgenommen wird.

Gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel der Erfindung weist das optische System zwischen der HID-Lampe und dem Anzeigefeld einen optischen Integrator auf, welcher  
25 zwar nicht die Gesamthelligkeit, wohl aber die Helligkeitsverteilung des auf die Bildschirmeinrichtung auftreffenden Lichtes zumindest teilweise einer gewünschten Gleichverteilung annähert. Die in den nachfolgenden Ausführungsbeispielen beschriebenen Möglichkeiten für eine weitere Kompensation der Helligkeitsverteilung im Hinblick auf eine Gleichverteilung sind deshalb nur dann erforderlich, wenn die von  
30 dem Integrator geleistete Kompensation für noch nicht ausreichend erachtet wird und zusätzliche finanzielle Mittel für die Realisierung der nachfolgend beschriebenen

Ausführungsbeispiele bereit stehen bzw. die nachfolgenden Ausführungsbeispiele mit dem einfacheren Integrator sich als günstiger bezüglich der Kosten oder des Bauvolumens / -gewicht erweisen.

- 5 Gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel erfolgt das erfindungsgemäß beanspruchte Rücksetzen und Überführen von der Helligkeitsverteilung und/oder der Gesamthelligkeit des Lichtes im Strahlengang durch ein zwischen der HID-Lampe und dem Anzeigefeld oder zwischen dem Anzeigefeld und der Linseneinheit angeordnetes elektrisch-steuerbares optisches Filter. Alternativ dazu, kann das Rücksetzen und
- 10 Überführen auch ohne das optische Filter dadurch realisiert werden, dass die von dem Bildprozessor bereitgestellten Bilder mit einer Graustufenmaske, deren Gesamthelligkeit und / oder Helligkeitsverteilung geeignet eingestellt ist, überlagert werden, bevor sie auf dem Anzeigefeld dargestellt werden. In beiden Fällen, d.h. sowohl bei Verwendung des optischen Filters, wie auch bei Verwendung des Bildprozessors,
- 15 erfolgen das Rücksetzen und das Überführen der Helligkeit im Ansprechen auf ein von einer Vergleichereinrichtung bereitgestelltes Helligkeits-Steuersignal.

- Neben der beschriebenen alternativen Verwendung von optischem Filter und Helligkeitskompensation im Bildprozessor ist selbstverständlich auch eine Kombination
- 20 beider Ausführungsbeispiele möglich, wobei dann ein Teil der erforderlichen Helligkeitskompensation von dem optischen Filter und ein anderer Teil von dem Bildprozessor geleistet wird. So ist es insbesondere denkbar, dass das optische Filter nur die Helligkeitsverteilung kompensiert, während der Bildprozessor die Gesamthelligkeit regelt oder umgekehrt. Alternativ dazu ist es aber auch denkbar, dass sowohl
- 25 das optische Filter wie auch der Bildprozessor die Gesamthelligkeit und die Helligkeitsverteilung in einem anteiligen Verhältnis regeln.

- An dieser Stelle sei nochmals betont, dass das optische Filter und der Bildprozessor - im Unterschied zu dem optischen Integrator - eine Kompensation der Helligkeit, d.h.
- 30 der Gesamthelligkeit und/oder der Helligkeitsverteilung, des Lichtes im Strahlengang realisieren können; das gilt jedoch nur in Richtung geringerer Helligkeit (Verlust-

behaftet). Bei einer Kompensation durch das optische Filter oder den Bildprozessor wird also Licht weggefiltert, wohingegen bei einer Kompensation durch einen Integrator, das vorhandene Licht verteilt wird.

- 5 Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung kann die Kompensation der Gesamthelligkeit, insbesondere im Bereich der Helligkeitsreserve, alternativ oder zusätzlich zu der Kompensation durch den Bildprozessor oder durch das optische Filter, durch eine entsprechende Ansteuerung des Lampentreibers realisiert werden. Das hat den Vorteil, dass dann gegebenenfalls sogar eine Kompensation über die, die Leistungs-
- 10 grenze des Bildprozessors repräsentierende fiktive Nenn-Gesamthelligkeit von 100% hinaus möglich ist. Eine solche Kompensation über 100% hinaus kann z.B. dann erforderlich sein, wenn der Lichtbogen in der HID-Lampe in Positionen springt, die eine Verringerung der Helligkeit des Lichtes bewirken die größer ist als die Helligkeitsreserve bzw. wenn keine Helligkeitsreserve vorgesehen werden soll (größere Nenn-
- 15 lichtmenge). Sie kann auch erforderlich sein, um eine durch ein Bogenspringen verursachte Verringerung der von der HID-Lampe abgegebene Lichtmenge nach dem Rücksetzen auszugleichen.

- Ein solcher Ausgleich der Lichtmenge empfiehlt sich allerdings auch im umgekehrten
- 20 Fall, d.h. wenn eine durch das Bogenspringen verursachte Vergrößerung der Helligkeit des Lichts durch ein kurzzeitiges Rücksetzen Helligkeit zum Zeitpunkt  $t_0$  nicht auf die Helligkeit zum Zeitpunkt  $t-2$ , sondern auf eine demgegenüber leicht verringerte Lichtmenge ausgeglichen werden muss. In beiden Fällen hat ein Ausgleich der Lichtmenge der Vorteil, dass die Regelung des Rücksetzens langsamer erfolgen kann
- 25 ohne das sichtbare Fehler im Bild entstehen.

- Ein elektronischer Schaltkreis zum Regeln der Gesamthelligkeit des Lichtes in einem optischen System eines Bildprojektors über den Lampenregler ist z.B. aus der nicht
- vorveröffentlichten Deutschen Patentanmeldung mit der Anmeldenummer 10136474.1
- 30 bekannt.

Im Unterschied zu der Kompensation mit Hilfe des Bildprozessors und / oder des optischen Filters ist eine Kompensation der Helligkeitsverteilung durch den Lampentreiber und den Lampenregler nicht möglich.

- 5 Zur Erfassung der Gesamthelligkeit ist es grundsätzlich ausreichend, wenn die Sensoreinrichtung nur ein Sensorelement aufweist. Dagegen sind für die Erfassung der Helligkeitsverteilung des auf das Anzeigefeld auftreffenden Lichtes mindestens 2 Sensorelemente erforderlich, die an unterschiedlichen Orten positioniert sind.
- 10 Die oben genannte Aufgabe der vorliegenden Erfindung wird weiterhin durch ein Verfahren gemäß Anspruch 17 zum Betreiben des beschriebenen Bildprojektors gelöst. Die Vorteile dieses Verfahrens entsprechen den oben für den Bildprojektor genannten Vorteilen. Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung sieht das Verfahren vor, dass die für einen bestimmten Bogensprung erforderliche Kompensation der
- 15 Helligkeit mit Hilfe einer mathematischen Kompensationszeitfunktion berechnet wird.

Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen des beanspruchten Projektors und des beanspruchten Verfahrens sind Gegenstand der Unteransprüche.

- 20 Der Beschreibung sind insgesamt 6 Figuren beigelegt, wobei

Fig. 1 den Hardwareaufbau eines Bildprojektors gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel der Erfindung;

- 25 Fig. 2a die erfindungsgemäße Veränderung der Helligkeit des auf die Bildschirmvorrichtung auftreffenden Lichts über der Zeit;

Fig. 2b eine Variante des erfindungsgemäßen Verfahrens mit Lichtmengenausgleich;



- Fig. 2c den Zusammenhang zwischen der Helligkeit des von der HID-Lampe ausgesendeten Lichtes und der Helligkeit des auf die Bildschirmeinrichtung auftreffenden Lichtes für eine durch ein Bogenspringen verursachte Verringerung der Helligkeit;
- 5 Fig. 2d den Zusammenhang zwischen der Helligkeit des von der HID-Lampe ausgesendeten Lichtes und der Helligkeit des auf die Bildschirmeinrichtung auftreffenden Lichtes für eine durch ein Bogenspringen verursachte Vergrößerung der Helligkeit;
- 10 Fig. 3 ein zweites, drittes und viertes Ausführungsbeispiel für den Hardwareaufbau des erfindungsgemäßen Bildprojektors;
- Fig. 4 ein fünftes Ausführungsbeispiel für den Hardwareaufbau des
- 15 erfindungsgemäßen Bildprojektors;
- Fig. 5a und b die Veränderung der Helligkeitsverteilung vor und nach dem Bogenspringen in einem allgemeinen Fall;
- 20 Fig. 5c und d die Veränderung einer nur in einer Richtung ungleichmäßigen Helligkeitsverteilung vor und nach dem Bogenspringen ;
- Fig. 5e eine Helligkeitsverteilung bei der nur ein Sensor benötigt wird; und
- 25 Fig. 6 die Abschätzung der Verschiebung des Maximas der Helligkeitsverteilung aufgrund eines Bogensprunges
- veranschaulicht.
- 30

Nachfolgend wird die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die Figuren 1 bis 6 näher beschrieben.

Fig. 1 zeigt ein erstes Ausführungsbeispiel für den erfindungsgemäßen Bildprojektor 100. Dieser umfasst ein optisches System 110 zum Anzeigen eines bereitgestellten Bildes auf einer Bildschirmeinrichtung 118. Das optische System 110 umfasst eine High-Intensity-Discharge HID-Lampe 112, insbesondere eine Ultra-High-Pressure UHP-Lampe, sowie dieser nachgestaltet einen optischen Integrator 112a, ein Anzeigefeld 114 und eine Linseneinheit 116 zum projizieren des bereitgestellten Bildes auf die Bildschirmeinrichtung 118. Das zu projizierende Bild wird von einem Bildprozessor 120 für das Anzeigefeld 114 bereitgestellt.

Der optische Integrator 112a dient dazu, in dem von der Lampe 112 ausgesendeten Licht vorhandene Helligkeits-Ungleichverteilungen zumindest teilweise im Hinblick auf eine Gleichverteilung zu kompensieren. Der Bildprojektor 100 umfasst weiterhin einen Lampentreiber 131 zum Bereitstellen einer geeigneten Betriebsspannung für die HID-Lampe 112. Der Lampentreiber 131 selber wird von einer externen Spannung U gespeist.

Erfindungsgemäß wird die Helligkeit, d.h. die Helligkeitsverteilung und/oder die Gesamthelligkeit, des von der HID-Lampe 112 ausgesendeten und auf das Anzeigefeld 114 auftreffenden Lichtes von einer Sensoreinrichtung 140 zu unterschiedlichen Zeitpunkten erfasst. Die so erfassten Helligkeiten werden einer Vergleichereinrichtung 150 zugeführt, um eventuelle Veränderungen der Helligkeit im Zeitablauf festzustellen. Die Vergleichereinrichtung 150 erzeugt ein Helligkeits-Steuersignal, welches insbesondere durch einen durchgeführten Vergleich festgestellte Veränderungen der Helligkeit im Zeitablauf repräsentiert. Das Helligkeits-Steuersignal wird einer Regelungseinrichtung, d.h. der Komponente 120' des Bildprozessor 120 zugeführt. Diese Komponente 120' ist so ausgebildet, dass sie die Helligkeit des von dem Bildprozessor 120 an das Anzeigefeld 114 ausgegebenen Bildes im Ansprechen auf das Helligkeits-Steuersignal gemäß einem nachfolgend beschriebenen erfindungsgemäßen Verfahren so einstellt,

dass eine durch einen Bogensprung in der HID-Lampe 112 aufgetretene Veränderung der Helligkeit des Lichtes von einem Betrachter des Bildes auf der Bildschirmeinrichtung 118 nicht wahrgenommen wird. Anders ausgedrückt, die Komponente 120' des Bildprozessor 120 kompensiert auftretende Veränderungen der Helligkeit im Ansprechen auf das Helligkeits-Steuersignal.

Fig. 2a veranschaulicht das erfindungsgemäße Verfahren zur Kompensation einer durch einen Bogensprung in der HID-Lampe 112 verursachten Veränderung der Helligkeit des Lichtes im Strahlengang des optischen Systems 110. Aufgrund des Bogensprunges kann eine Veränderung der Helligkeit, d.h. der Helligkeitsverteilung und/oder der Gesamthelligkeit des Lichtes stattfinden. In Fig. 2a wird das Verfahren zum einen am Beispiel einer Veränderung der Gesamthelligkeit des auf die Bildschirmeinrichtung 118 auftreffenden Lichtes in negativer Richtung, d.h. für den Fall einer Verringerung der Gesamthelligkeit aufgrund des Bogensprungs, veranschaulicht. Zum anderen veranschaulicht Fig. 2a das erfindungsgemäße Verfahren zur Kompensation einer durch den gleichen Bogensprung verursachten Veränderung der Helligkeitsverteilung, wobei sich dann unterschiedliche Kurvenverläufe für jeden Bildpunkt ergeben.

Wie aus Fig. 2a ersichtlich wird die Gesamthelligkeit zunächst vor einem Bogensprung als konstant angenommen. Diese konstante Helligkeit wird von der Sensoreinrichtung 140 zum Zeitpunkt t-2 erfasst. Wenn dieselbe Sensoreinrichtung 140 zu einem späteren Zeitpunkt t-1 eine gegenüber dem Zeitpunkt t-2 verringerte Gesamthelligkeit erfasst, so wird diese Verringerung der Gesamthelligkeit von der Vergleichereinrichtung 150 erkannt.

Das erfindungsgemäße Verfahren sieht vor, dass unmittelbar nachdem im Rahmen des Vergleiches eine Veränderung der Helligkeit registriert worden ist, diese Veränderung durch Rücksetzen der Helligkeit rückgängig gemacht wird. Wichtig ist, dass das Rücksetzen auf diejenige Helligkeit, wie sie vor dem Bogensprung zum Zeitpunkt t-2 bestanden hat, innerhalb weniger Millisekunden nach dem Bogensprung erfolgt; nur auf diese Weise kann sichergestellt werden, dass der Betrachter des auf die Bildschirmein-

richtung 118 projizierten Bildes die durch den Bogensprung bedingte Veränderung der Helligkeit nicht durch ein Rucken im Bild registriert. Das erfindungsgemäße Verfahren sieht nach dem Rücksetzen - wie in Fig. 2a illustriert - vor, die auf den Wert vor dem Bogensprung zurückgesetzte Helligkeit langsam in die durch den Bogensprung  
5 bedingte Helligkeit zu überführen. Dabei ist es wichtig, dass diese Überführung so langsam erfolgt, dass das menschliche Auge des Betrachters des Bildes auf der Bildschirmeinrichtung 118 auch diese Überführung der Helligkeit nicht als Schwankung im projizierten Bild bemerkt. Vorteilhafterweise wird deshalb die Überführung während eines ausreichend lang bemessenen Zeitintervalls T durchgeführt. Üblicherweise beträgt die Dauer des Zeitintervalls T einige Sekunden, angepasst an die Hell- /  
10 Dunkeladaption des Auges des Betrachters; sie ist jedenfalls wesentlich länger als die Zeitdauer zwischen erfolgtem Bogensprung und Rücksetzen der Helligkeit zum Zeitpunkt  $t_0$ . Sowohl bei dem erfindungsgemäßen schnellen Rücksetzen wie auch bei dem langsamen Überführen der Helligkeit wird die Trägheit des menschlichen Auges  
15 ausgenutzt.

Wie ebenfalls in Fig. 2a gezeigt, erfolgt analog eine Kompensation einer durch das Bogenspringen bedingten veränderten Helligkeitsverteilung (Verteilung 1 nach Verteilung 2) zunächst durch Rücksetzen auf die Verteilung 1 und anschließendes Über-  
20 führen der Verteilung 1 in die Verteilung 2. Beispiele für die Verteilung 1 vor dem Bogensprung sind in den Fig. 5a + c veranschaulicht; die jeweils dazugehörigen Verteilungen 2 nach dem Bogensprung sind in den Fig. 5b + d gezeigt.

Fig. 2b zeigt eine Variante des in Fig. 2a veranschaulichten erfindungsgemäßen Verfahrens. Sie zielt darauf ab, die im Zeitraum zwischen einem erfolgtem Bogenspringen und dem nachfolgenden Rücksetzen der Helligkeit von der HID-Lampe gegenüber einer unveränderten Bogenposition weniger abgegebenen Lichtmenge, repräsentiert durch die Fläche  $F_1$ , auszugleichen. Der Ausgleich erfolgt erfindungsgemäß durch kurzzeitiges, einige ms dauerndes Übersteuern der Lampe 112 nach dem Zeitpunkt  $t_0$ . Dabei gibt die  
30 Lampe 112 idealerweise genau die Lichtmenge, repräsentiert durch die Fläche  $F_2$  mehr ab, die zuvor im Zeitraum zwischen Bogensprung und  $t_0$  weniger am Anzeigefeld

angekommen ist; d.h. F2 ist vorzugsweise gleich F1. Wie aus Fig. 2b ersichtlich, ist die Dauer des Ausgleichs wesentlich kürzer als die Dauer des Zeitintervalls T.

Weil die für den Ausgleich erforderliche zusätzliche Lichtmenge F2 nur sehr kurzzeitig benötigt wird, ist es ohne weiteres möglich, diese durch eine kurzzeitige Überbelastung der HID-Lampe 112 zu realisieren. Entsprechend ist ein dem Lampentreiber 131 zugeordneter Lampenregler 132 vorzugsweise so ausgebildet, dass er in diesem Fall die HID-Lampe 112 kurzzeitig, d.h. für nur einige Sekunden, übersteuert. Derartige kurzzeitige Übersteuerungen haben keinen negativen Einfluss auf die Gesamtlebensdauer der HID-Lampe 112, insbesondere da aufgrund der Eigenart des Bogenspringens ebenso häufig Untersteuerungen auftreten.

Der soeben beschriebene Ausgleich der Lichtmenge für den Fall einer durch das Bogenspringen verursachten Verringerung der Helligkeit kann in analoger Anwendung genauso für den Fall einer durch das Bogenspringen verursachten Vergrößerung der Helligkeit erfolgen. Der Ausgleich erfolgt dann nach dem Zeitpunkt  $t_0$  durch eine von der HID-Lampe 112 kurzzeitig verringerte abgegebene Lichtmenge.

Wie oben gesagt, zeigt Fig. 2a die Veränderung der Helligkeit, des auf die Bildschirm-einrichtung 118 auftreffenden Lichtes. Diese Helligkeit ist jedoch nicht identisch mit der Helligkeit des insgesamt von der HID-Lampe 112 ausgegebenen Lichtes, welches sich durch das Bogenspringen kaum ändert.

Fig. 2c veranschaulicht schematisch die Zusammenhänge zwischen der Helligkeit des von der HID-Lampe 112 ausgesendeten Lichtes und der Helligkeit des auf die Bildschirm-einrichtung 118 auftreffenden Lichtes für eine durch einen Bogensprung verursachte Verringerung der Helligkeit. Wie aus Fig. 2c ersichtlich, ist die Helligkeit des auf die Bildschirm-einrichtung 118 auftreffenden Lichtes gemäß Fig. 2ciii) in jedem Zeitpunkt das Ergebnis einer Kompensation der Helligkeit des von der HID-Lampe 112 auf das Anzeigefeld (114) ausgesendeten Lichtes gemäß Fig. 2ci) durch die diversen

der HID-Lampe 112 nachgeschalteten Elemente des optischen Systems, wie insbesondere dem optischen Integrator 112a und dem Anzeigefeld 114; siehe Fig. 2cii).

Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung des oben unter Bezugnahme auf Fig. 2a  
5 beschriebenen erfindungsgemäßen Verfahrens ist es für eine Kompensation der Gesamthelligkeit durch die Komponente 120' des Bildprozessors besonders vorteilhaft, eine Helligkeitsreserve, d.h. einen sogenannten Headroom, vorzusehen, wie sie in Fig. 2cii) angedeutet ist. Dies bedeutet, dass das Bild nicht mit einer von Seiten des Bildprozessors maximalen Nenn-Gesamthelligkeit von 100%, sondern mit einer demgegen-  
10 über verringerten Gesamthelligkeit an das Anzeigefeld 114 ausgegeben wird. Die Helligkeitsreserve des Bildprozessors kann dann dazu verwendet werden, eine durch ein Bogenspringen verursachte Verringerung der Gesamthelligkeit zu kompensieren. Vorteilhafterweise erfolgt die Kompensation so schnell, dass die durch das Bogenspringen bedingte Verringerung der Gesamthelligkeit von dem menschlichen Auge  
15 nicht wahrgenommen wird. Die beschriebene Ausgestaltung hat jedoch den Nachteil, dass - auch in der Zeit, wenn keine Kompensation der Helligkeit erforderlich ist, weil kein Bogenspringen auftritt - die von Seiten der HID-Lampe und des Bildprozessors theoretisch mögliche Nenn-Gesamthelligkeit von 100% zur Darstellung des Bildes auf der Bildschirmeinrichtung nicht voll ausgeschöpft wird, sondern dass stattdessen dieses  
20 Bild mit nur einer verringerten Gesamthelligkeit dargestellt wird.

Um diesen Nachteil zumindest zeitweise auszuschalten, wird vorgeschlagen eine weitere Eigenschaft des Bogenspringens zu nutzen. Aufgrund der technischen Eigenschaften der HID Lampe tritt das Bogenspringen typischerweise in Phasen auf, d.h.  
25 während vieler Betriebsstunden gibt es gar kein oder nur sehr selten auftretendes Bogenspringen. Während anderer Phasen tritt dagegen häufig Bogenspringen auf. Durch Auswertung der Signale der Sensoreinrichtung 140 kann daher, z.B. die Vergleichereinrichtung 150, erkennen, ob eine Phase mit oder ohne Bogenspringen vorliegt. Trat dann schon seit mindestens einem vorbestimmten Zeitintervall  $\Delta t_1$ , z.B.  
30 10 Minuten, kein Bogenspringen mehr auf, so wird die Gesamthelligkeit langsam auf 100% hochgefahren. Diese Gesamthelligkeit von 100% wird dann solange gehalten, bis

das Bogenspringen wieder einsetzt. Z.B. kann die Vergleichereinrichtung dann berechnen, wieviel Helligkeitsreserve für eine vollständige Kompensation der aktuell stärksten Bogensprünge wieder eingeräumt werden muss; ein zur Berechnung verwendeter Algorithmus gibt diese neu erforderliche Helligkeitsreserve dann typischerweise in Form von mehr als 100% Durchlässigkeit an. Dann wird die Basishelligkeit wieder soweit reduziert, d.h. die Helligkeitsreserve wird wieder soweit aufgebaut, dass die größte, von dem Algorithmus aufgrund des Bogenspringens detektierte Veränderung der Helligkeit, wieder mit 100% Durchlässigkeit des auf das Anzeigefeld 114 ausgegebenen Bildes kompensiert werden kann. Der entsprechende Wert für die Gesamthelligkeit wird dann solange gehalten, bis die Vergleichereinrichtung wieder feststellt, dass seit mindestens dem Zeitintervall  $\Delta t_1$ , z.B. 10 Minuten, kein Bogenspringen mehr aufgetreten ist.

Das Resultat dieser Regelung ist zwar, dass das erste Sprungereignis nicht kompensiert werden kann und deshalb voll sichtbar ist. Aber die Auswirkungen der nachfolgenden Bogensprünge auf die Gesamthelligkeit des Lichtes werden innerhalb von einigen Sekunden zunehmend reduziert, bis nach einiger Zeit das Bild - trotz andauerndem Bogenspringen - wieder vollständig stabil erscheint. Während der Zeit, in der das Bogenspringen auftritt ist dann die Helligkeit um einen maximalen, aus einem kürzlich aufgetretenen Bogensprung resultierenden veränderten Helligkeitswert reduziert, d.h. die Helligkeitsreserve ist vergrößert; in längeren ruhigeren Phasen steigt die Helligkeit dann wieder auf 100% an.

Sowohl das Verringern der Helligkeitsreserve bei länger aussetzendem Bogenspringen wie auch das Vergrößern der Helligkeitsreserve bei nachfolgendem Wiedereinsetzen des Bogenspringens, erfolgen so langsam, dass die damit einhergehenden Veränderungen der Gesamthelligkeit von einem menschlichen Auge aufgrund seiner Trägheit nicht wahrgenommen werden können.

Technisch lässt sich diese variable Anpassung, d.h. das Gleiten der Helligkeitsreserve recht einfach durch Aufladen eines Kondensators über einen passend ausgewählten

Widerstand auf einen Spannungswert, der die Amplitude des aktuellen Bogensprunges repräsentiert, und anschließendes Entladen des Kondensators über einen geeigneten größeren Widerstand, realisieren. Die Spannung am Kondensator ist dann proportional zu der benötigten Helligkeitsreserve. Die Größe der Widerstände bestimmt die  
5 gewünschten Zeitkonstanten.

Das Bereitstellen der beschriebenen Helligkeitsreserve für die Kompensation der Gesamthelligkeit ist nicht auf den Fall beschränkt, dass die Gesamthelligkeit durch den Bildprozessor kompensiert wird. In analoger Weise kann die Helligkeitsreserve auch  
10 vorgesehen werden, wenn die Kompensation der Gesamthelligkeit durch das optische Filter erfolgt.

Fig. 2d veranschaulicht - quasi als Gegenpart zu Fig. 2c - schematisch die Zusammenhänge zwischen der Helligkeit des von der HID-Lampe 112 ausgesendeten Lichtes und der Helligkeit des auf die Bildschirmeinrichtung 118 auftreffenden Lichtes für den Fall  
15 einer durch einen Bogensprung verursachten Vergrößerung der Helligkeit des von der HID-Lampe 112 ausgesendeten Lichtes. Wie aus Fig. 2d ersichtlich, erfolgt die Kompensation genau umgekehrt wie im Fall gem. Fig. 2c, weshalb von einer ausführlichen Erläuterung der Fig. 2d abgesehen wird.

Für die Realisierung des soeben aufgezeigten erfindungsgemäßen Verfahrens zur Kompensation einer durch einen Bogensprung verursachten Veränderung, d.h. Verringerung oder Vergrößerung, der Helligkeit des auf die Bildschirmeinrichtung 118 auftreffenden Lichtes, werden erfindungsgemäß eine Vielzahl von Ausführungs-  
25 beispielen des Bildprojektors 100 vorgeschlagen, die nachfolgend unter nochmaliger Bezugnahme auf Fig. 1 aber auch unter Bezugnahme auf die Fig. 3 bis 6 näher erläutert werden.

Bei dem oben in Fig. 1 aufgezeigten Ausführungsbeispiel erfolgt die erfindungsgemäße  
30 Kompensation der Helligkeit ausschließlich durch den Bildprozessor 120. Das Helligkeits-Steuersignal informiert die Komponente 120' des Bildprozessors 120 über eine



aufgrund eines Bogensprungs stattgefundenen Veränderung der Helligkeit, d.h. eine Veränderung der Gesamthelligkeit und/oder der Helligkeitsverteilung, des auf das Anzeigefeld 114 auftreffenden Lichtes. Im Ansprechen auf dieses Helligkeits-Steuersignal stellt dann die Komponente 120' die Helligkeit (Transmissivität) des an das

5 Anzeigefeld 114 ausgegebenen Bildes so ein, dass die Helligkeit des auf die Bildschirmeinrichtung 118 auftreffenden Lichtes unverändert ist gegenüber der Zeit vor dem Bogensprung. Für das Beispiel einer durch einen Bogensprung verringerten Gesamthelligkeit des von der HID-Lampe 112 ausgesendeten Lichtes - wie in Fig. 2ci) gezeigt - wird die Komponente 120' als Regelungseinrichtung die Helligkeit (Trans-

10 missivität) des an das Anzeigefeld 114 ausgegebenen Bildes entsprechend dem Betrag der aufgetretenen Verringerung der Helligkeit zunächst, d.h. zum Zeitpunkt  $t_0$  erhöhen. Genauer gesagt wird die Komponente 120' die Lichtdurchlässigkeit des Bildes so erhöhen, dass - wie in Fig. 2ciii) gezeigt - zum Zeitpunkt  $t_0$  die Helligkeit des auf die Bildschirmeinrichtung 118 auftreffenden Lichtes wieder unverändert gegenüber der

15 Zeit vor dem Bogensprung ist. Ganz allmählich wird die Komponente 120' dann während der nachfolgenden Überführungsphase, d.h. während eines vorbestimmten Zeitintervalls  $T$ , die Helligkeit bzw. Durchlässigkeit des Bildes wieder so weit zurückfahren, dass bis zum Ablauf dieses Zeitintervalls  $T$  die Helligkeit des auf die Bildschirmeinrichtung 118 auftreffenden Lichtes an jene durch den Bogensprung bedingte

20 veränderte Helligkeit angepasst ist. Das Rücksetzen und die Überführung erfolgen - unabhängig von einem konkreten Ausführungsbeispiel - vorzugsweise durch eine vorbestimmte Kompensationszeitfunktion.

Fig. 3 zeigt ein zweites, drittes und viertes Ausführungsbeispiel zur Realisierung des

25 oben unter Bezugnahme auf Fig. 2 beschriebenen erfindungsgemäßen Verfahrens. Gemäß dem zweiten Ausführungsbeispiel erfolgt die Kompensation, d.h. das Rücksetzen und das Überführen der Helligkeit nicht durch Bildprozessors, sondern durch ein im Strahlengang vor oder hinter dem Anzeigefeld 114 angeordnetes optisches Filter 113, welches hier der Regelungseinrichtung entspricht. Dieses optische Filter 113 ist im

30 Ansprechen auf das von der Vergleichereinrichtung 150 ausgegebene Helligkeits-Steuersignal elektronisch steuerbar. Während der Bildprozessor 120 bei diesem zweiten

Ausführungsbeispiel das zu projizierende Bild lediglich mit einer konstanten Helligkeit an das Anzeigefeld 114 ausgibt, erfolgt die erfindungsgemäße Kompensation des Lichtes im Strahlengang durch besagte Ansteuerung des optischen Filters durch das Helligkeits-Steuersignal. Das optische Filter 113 ist vorzugsweise als Graustufenmaske  
5 ausgebildet, so dass sich durch entsprechende Ansteuerung die Gesamthelligkeit und/oder die Helligkeitsverteilung des Lichtes im Strahlengang je nach Bedarf beeinflussen lässt. Anders ausgedrückt ermöglicht das optische Filter 113 im zweiten Ausführungsbeispiel, genau wie die Komponente 120' des Bildprozessors 120 im ersten Ausführungsbeispiel, eine Kompensation der durch einen Bogensprung verursachten  
10 Veränderung der Helligkeit des auf die Bildschirmeinrichtung 118 auftreffenden Lichtes gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren.

Das dritte Ausführungsbeispiel ist ebenfalls in Fig. 3 gezeigt. Es ist eine Kombination des ersten und zweiten Ausführungsbeispiels. Genauer gesagt sieht es vor, die  
15 erfindungsgemäße Kompensation der Helligkeit des Lichtes gemäß einem vorbestimmten anteiligen Verhältnis durch gleichzeitigen Einsatz von sowohl der Komponente 120' wie auch dem optischen Filter 113 zu realisieren; beide bilden hier zusammen die Regelungseinrichtung. Zu diesem Zweck ist es erforderlich, dass das Helligkeits-Steuersignal nicht nur dem optischen Filter 113, sondern auch - wie durch  
20 die strichpunktierte Linie in Fig. 3 angedeutet - der Komponente 120' zugeführt wird. Die Aufteilung einer anstehenden Kompensationsaufgabe auf das optische Filter 113 und die Komponente 120' kann beliebig erfolgen. So ist es beispielsweise denkbar, dass die Komponente 120' nur eine eventuelle erforderliche Kompensation der Helligkeitsverteilung durchführt, während das optische Filter 113 eine eventuelle erforderliche  
25 Kompensation der Gesamthelligkeit realisiert. Der umgekehrte Fall ist natürlich genauso denkbar. Alternativ zu diesen beiden Varianten kann auch die Komponente 120' und das optische Filter 113 jeweils zur Kompensation von sowohl der Gesamthelligkeit wie auch der Helligkeitsverteilung eingesetzt werden; dann ist jedoch eine Definition der jeweiligen prozentualen Anteile an der Kompensation der Helligkeit für  
30 die Komponente 120' und das optische Filter 113 erforderlich.

Für den Fall, dass das optische Filter 113 nicht angesteuert wird, entspricht das dritte Ausführungsbeispiel dem ersten und für den Fall, dass die Komponente 120' des Bildprozessors nicht angesteuert wird, entspricht das dritte Ausführungsbeispiel dem zweiten Ausführungsbeispiel.

5

Für alle drei bisher beschriebenen Ausführungsbeispiele des Bildprojektors gilt: Eine Kompensation der Helligkeitsverteilung durch das optische Filter 113 und/oder die Komponente 120' des Bildprozessors 120 ist bei Verwendung des optischen Integrators 112a im optischen System 110 nur insoweit erforderlich, als dass eine Kompensation der Helligkeitsverteilung über die von dem optischen Integrator 112a geleistete Kompensation hinaus gewünscht wird. Anders ausgedrückt heißt dies, dass wenn die durch den optischen Integrator 112a geleistete Kompensation der Helligkeitsverteilung für ausreichend erachtet wird, brauchen das optische Filter 113 und/oder die Komponente 120' nur noch eine Kompensation der Gesamthelligkeit zu realisieren. Dies wäre das vierte in Fig. 3 dargestellte Ausführungsbeispiel für den Bildprojektor 100. Eine ausreichend kompensierte Helligkeitsverteilung ist unten in Fig. 5e und der zugehörigen Beschreibung beispielhaft beschrieben.

Fig. 4 zeigt ein fünftes Ausführungsbeispiel für den Hardwareaufbau des erfindungsgemäßen Bildprojektors 100. Der Hardwareaufbau bei diesem fünften Ausführungsbeispiel unterscheidet sich von dem Hardwareaufbau des dritten oder vierten Ausführungsbeispiels gemäß Fig. 3 lediglich dadurch, dass die Vergleichereinrichtung 150 neben dem Helligkeits-Steuersignal für das optische Filter 113 und/oder die Komponente 120' des Bildprozessors 120 auch ein Lichtmengensignal für den Lampenregler 132 erzeugt. Der Lampenregler 132 bildet hier gegebenenfalls zusammen mit dem optischen Filter 113 und/oder der Komponente 120' die Regelungseinrichtung.

Das Lichtmengensignal repräsentiert die durch einen Bogensprung bedingte Veränderung der Gesamthelligkeit, soweit diese nicht von der Komponente 120' des Bildprozessors 120 oder dem optischen Filter 113 kompensiert werden soll. Im Ansprechen auf dieses Lichtmengensignal ermöglicht der Lampenregler 132 deshalb entweder

- alleine oder zusätzlich zu dem optischen Filter 113 und/oder der Komponente 120' eine Kompensation der durch den Bogensprung bedingten Veränderung der Gesamthelligkeit. Im Unterschied zu dem optischen Filter 113 und der Komponente 120' realisiert der Lampenregler 132 die Kompensation der Gesamthelligkeit durch eine entsprechende Ansteuerung der Lampe 112. Anders ausgedrückt, je nach erforderlicher Kompensationsrichtung führt der Lampenregler 132 der HID-Lampe 112 mehr oder weniger Leistung zu, so dass die Lampe 112 ein helleres oder dunkleres Licht abgibt. Im Unterschied zu dem optischen Filter 113 und der Komponente 120' ist der Lampenregler 132 nur in der Lage, die Gesamthelligkeit, nicht jedoch die Helligkeitsverteilung zu kompensieren. Bezüglich der Gesamthelligkeit kann nun jedoch die erforderliche Kompensationsleistung beliebig zwischen dem Lampenregler 132, dem optischen Filter 113 und der Komponente 120' des Bildprozessors 120 aufgeteilt werden (analog wie dies oben für das dritte Ausführungsbeispiel bzgl. des Filters und der Komponente 120' beschrieben wurde).
- Eine gegebenenfalls erforderliche Kompensation der Helligkeitsverteilung muss auch bei dem fünften Ausführungsbeispiel durch das optische Filter 113 und/oder die Komponente 120' im Ansprechen auf das Helligkeits-Steuersignal erfolgen.
- Für alle beschriebenen Ausführungsbeispiele gilt, dass insbesondere die Regelung der Gesamthelligkeit gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren auch unter Vorsehung einer Helligkeitsreserve, d.h. eines sogenannten Headrooms, erfolgen kann, wie dies oben unter Bezugnahme auf Fig. 2c beschrieben wurde.
- Wie oben bei der Beschreibung des erfindungsgemäßen Verfahrens unter Bezugnahme auf Fig. 2a beschrieben, erfolgt die Kompensation der Helligkeit, d.h. das Rücksetzen und das Überführen der Helligkeit nach Maßgabe durch eine Kompensationszeitfunktion.

Die Fig. 5a bis 5e sowie 6 veranschaulichen die Berechnung dieser Filterfunktion am Beispiel einiger typischen Helligkeitsverteilung bei mehr oder weniger idealem Integrator 112a.

- 5 Die Fig. 5a zeigt schematisch eine Helligkeit, insbesondere eine Helligkeitsverteilung vor einem Bogensprung, z.B. zum Zeitpunkt  $t-2$ . Die hier angedeutete Verteilungsfunktion ist in beiden Richtungen (X und Y) ungleichmäßig und erfordert daher mindestens 3 Sensoren. In Fig. 5a ist beispielhaft die mögliche Anordnung von 4 Sensorelementen 140-1 bis 140-4 am Rand der Bezugsebene 6 angedeutet. Demgegen-
- 10 über zeigt Fig. 5b eine Helligkeitsverteilung nach einem Bogensprung, z.B. zum Zeitpunkt  $t-1$ . Die Unterschiede in der sphärischen Verformung der beiden gekrümmten Flächen in Fig. 5a und 5b repräsentieren die Unterschiede in der Helligkeitsverteilung aufgrund des Bogensprungs. Demgegenüber repräsentieren die Unterschiede in der Höhe beider gekrümmter Flächen in Fig. 5a und 5b gegenüber der Bezugsebene 6 für
- 15 jeweils einen gleichen Punkt, d.h. einen gleichen geometrischen Ort in der Bezugsebene 6, die Unterschiede in der Gesamthelligkeit für diesen Punkt vor und nach dem Bogensprung. Die Bezugsebene 6 liegt quer zum Strahlengang, z.B. wird sie durch die Ebene des Anzeigefeldes 114 repräsentiert.
- 20 Fig. 5c veranschaulicht den Sonderfall, dass die Helligkeitsverteilung nur in einer Richtung ungleichmäßig ist (hier in X-Richtung); derartige Richtungen, in welchen die Helligkeitsverteilung ungleichmäßig ist, sind bei einigen optischen Systemen 110 vorbekannt. In einem solchen Fall werden nur zwei Sensorelemente 140-1 und 140-2 benötigt. Fig. 5d zeigt eine solche Helligkeitsverteilung nach einem Bogensprung.
- 25 Fig. 5e zeigt eine nahezu gleichmäßige Helligkeitsverteilung über der Bezugsebene 6, wie sie von einem guten Integrator 112a realisiert wird. Dabei sind die Abweichungen der Verteilung gegenüber einer idealen Gleichverteilung sind so gering, dass eine Verschiebung der Verteilung - bedingt durch Bogenspringen - vom Betrachter nicht als
- 30 störend wahrgenommen wird. In diesem Fall erübrigt sich eine Erfassung und Aus-

wertung der Verschiebung der Helligkeitsverteilung; es genügt dann ein Sensorelement 140-1, um die Gesamthelligkeit zu messen und zu korrigieren.

- Mit Hilfe von Fig. 6 wird nun die Auswertung der festgestellten Veränderung der Helligkeitsverteilung zum Zwecke der Berechnung der Kompensationszeitfunktion näher beschrieben. Aus Fig. 6 ist zunächst ersichtlich, dass die Sensoreinrichtung 140 bspw. aus vier einzelnen Sensorelementen 140-1...140-4 besteht, welche mittig auf den Rändern des viereckig ausgebildeten Anzeigefeldes 114, repräsentiert durch die Bezugsebene 6, angeordnet sind. Alternativ könnten die Sensorelemente 140-1...140-4 der Sensoreinrichtung 140 auch auf den Ecken des Anzeigefeldes 114 angeordnet sein. Grundsätzlich sind aber, je nach Einzelfall, auch andere Sensoranordnungen, wie sie z.B. oben bei der Beschreibung der Fig. 5a-d vorgestellt wurden, ebenfalls möglich; die entsprechenden Berechnungen können vom Fachmann leicht angepasst werden.
- Die Sensorelemente 140-n messen zu dem vorherigen Zeitpunkt  $t-2$  die Helligkeit an ihren jeweiligen Positionen. Durch eine Zusammenschau der so ermittelten Helligkeitswerte lässt sich die Helligkeitsverteilung über dem Anzeigefeld 114 zu dem Zeitpunkt  $t-2$  abschätzen. Für die Ermittlung der Helligkeitsverteilung zu dem späteren Zeitpunkt  $t-1$  wird dasselbe Verfahren dann wiederholt. Durch Kenntnis der Helligkeitsverteilungsfunktion, d.h. des mathematischen Zusammenhangs der Helligkeitsverteilung über der Fläche des Anzeigefeldes 114 des optischen Systems 110, kann die - durch die aktuelle Bogenposition bedingte - Lage der Verteilung und Ihre Amplitude (= Gesamthelligkeit) zu jedem Zeitpunkt z.B. durch einen Vektor eindeutig beschrieben werden. Wird bei einem anschließenden Vergleich dann ein Unterschied zwischen der zu dem späteren Zeitpunkt  $t-1$  und der zu dem vorherigen Zeitpunkt  $t-2$  erfassten Helligkeitsverteilung festgestellt, so wird dieser Unterschied durch einen Differenzvektor ( $\text{Vektor}_{t-1} - \text{Vektor}_{t-2}$ ) repräsentiert, welcher beispielsweise, wie in Fig. 6 dargestellt, eine Verschiebung des Helligkeitsmaximums zum Zeitpunkt  $t-1$  gegenüber dem Zeitpunkt  $t-2$  darstellt. Die Länge der vertikalen Komponente dieses Differenzvektors ist dann ein Maß für die Änderung der Gesamthelligkeit des auf das Anzeigefeld 114 auftreffenden Lichtes. Mit Hilfe dieses Vektors wird eine Prototypenfunktion

berechnet, welche die Veränderung der Helligkeitsverteilung über dem gesamten Anzeigefeld 114 mathematisch beschreibt. Die Umkehrfunktion dieser Prototypenfunktion ist die besagte Kompensationszeitfunktion, welche, wie oben beschrieben, die erforderliche Kompensation der Helligkeit des auf die Bildschirmeinrichtung 118 auftreffenden Lichtes über der Zeit vorgibt.

Zur Realisierung des oben unter Bezugnahme auf Fig. 2a-d beschriebenen Rücksetzens der Helligkeit zum Zeitpunkt  $t_0$  repräsentiert die Kompensationszeitfunktion - wie in Fig. 2c) ii) veranschaulicht - genau die Differenz zwischen den beiden zu dem späteren Zeitpunkt  $t-1$  und zu dem vorherigen Zeitpunkt  $t-2$  gemessenen Helligkeiten. Ab dem Zeitpunkt  $t_0$  wird diese Kompensationszeitfunktion dann während des vorgegebenen Zeitintervalls  $T$  zunehmend gedämpft, bis sie zum Zeitpunkt  $t_0+T$  schließlich auf Null abgeklungen ist. Zum Zeitpunkt  $t_0+T$  ist keine Kompensation der Helligkeit mehr erforderlich, weil dann insbesondere auf der Bildschirmeinrichtung 118 jene Helligkeit eingestellt ist, wie sie ursprünglich durch das Bogenspringen hervorgerufen wurde. Allgemein gilt, je mehr Sensorelemente verwendet werden, desto genauer kann die betraglich von einer Gleichverteilung abweichende Helligkeitsverteilung in den anderen Bereichen erfasst werden. Aber desto genauer kann auch eine zeitliche Veränderung oder Verschiebung der Helligkeitsverteilung zwischen dem späteren Zeitpunkt  $t-1$  und dem vorherigen Zeitpunkt  $t-2$  erfasst werden und desto genauer kann auch die Kompensationszeitfunktion berechnet werden, die dann wiederum eine genauere Kompensation der Veränderung der Helligkeit ermöglicht.

Für den Fall des vierten Ausführungsbeispiels, bei dem eine Helligkeit gemäß Fig. 5e vorausgesetzt wird, genügt, wie oben bei der Beschreibung der Fig. 5e erläutert, ein Sensorelement zur Erfassung der Gesamthelligkeit. Dann erübrigt sich die oben unter Bezugnahme auf Fig. 6 beschriebene Berechnung der Helligkeitsverteilung und deren Veränderung mit Hilfe der Prototypenfunktion und der Kompensationszeitfunktion.

Insgesamt wird durch die oben in mehreren Ausführungsbeispielen beschriebene erfindungsgemäße Kombination von Kompensation der Helligkeitsverteilung mit

Kompensation der Gesamthelligkeit ein stabiler Betriebszustand mit einer für den Betrachter des auf die Bildschirmeinrichtung 118 projizierten Bildes subjektiv konstanten Helligkeit gewährleistet. Aufgrund dieser doppelten Regelung von Helligkeitsverteilung und Gesamthelligkeit bleibt ein tatsächlich erfolgtes Bogenspringen von dem Betrachter unbemerkt; insbesondere wird er vorteilhafterweise trotz erfolgtem Bogenspringen kein Rucken in dem projizierten Bild bemerken.



## PATENTANSPRÜCHE

1. Bildprojektor (100) mit:  
einem optischen System (110), umfassend eine High-Intensity-Discharge HID-Lampe (112), insbesondere eine Ultra-High-Pressure UHP-Lampe, sowie dieser nachgeschaltet ein Anzeigefeld (114) und eine Linseneinheit (116) zum Projizieren eines auf dem  
5 Anzeigefeld (114) bereitgestellten Bildes über die Linseneinheit (116) auf eine  
Bildschirmeinrichtung (118);  
einem Lampentreiber (131) zum Bereitstellen einer Versorgungsspannung für die HID-Lampe; und  
einem Bildprozessor (120) zum Bereitstellen des Bildes für das Anzeigefeld (114);  
10 gekennzeichnet durch:  
- eine Sensoreinrichtung (140) zum Erfassen der Helligkeit, insbesondere der Helligkeitsverteilung und/oder der Gesamthelligkeit des auf das Anzeigefeld (114) auftreffenden Lichtes zu verschiedenen Zeitpunkten;  
- eine Vergleichereinrichtung (150) zum Vergleichen der von der Sensoreinrichtung  
15 (140) zu einem vorherigen Zeitpunkt t-2 und zu einem Zeitpunkt t-1, welcher zeitlich später liegt als der Zeitpunkt t-2, erfassten Helligkeit des Lichtes und zum Erzeugen eines Helligkeits-Steuersignals, welches eine durch ein zwischen den Zeitpunkten t-2 und t-1 stattgefundenes Bogenspringen in der HID-Lampe (112) bedingte Veränderung der Helligkeit repräsentiert; und  
20 - eine Regelungseinrichtung (113, 120', 132) zum Kompensieren der festgestellten Veränderung der Helligkeit im Ansprechen auf das Helligkeits-Steuersignal durch Rücksetzen der Helligkeit des auf die Bildschirmeinrichtung (118) auftreffenden Lichtes zu einem zeitlich später als t-1 liegenden Zeitpunkt t0 insbesondere auf die zu dem vorherigen Zeitpunkt t-2 erfasste Helligkeit und durch nachfolgendes Überführen

der rückgesetzten Helligkeit während eines vorbestimmten Zeitintervalls T in die zu dem späteren Zeitpunkt t-1 erfasste Helligkeit, wobei das Rücksetzen der Helligkeit so kurzzeitig nach dem Bogenspringen und das Überführen der Helligkeit während des Zeitintervalls T so langsam erfolgen, dass die mit dem Bogenspringen, dem Rücksetzen und dem Überführen jeweils verbundenen Änderungen der Helligkeit des auf die 5 Bildschirmeinrichtung (118) auftreffenden Lichtes für das menschliche Auge nicht wahrnehmbar sind.

2. Bildprojektor (100) nach Anspruch 1,

10 dadurch gekennzeichnet,

dass das optische System (110) einen der HID-Lampe (112) nachgeschalteten optischen Integrator (112a) aufweist zum zumindest teilweisen Kompensieren der Helligkeitsverteilung des auf das Anzeigefeld (114) auftreffenden Lichtes im Hinblick auf eine Gleichverteilung.

15

3. Bildprojektor (100) nach Anspruch 1 oder 2,

dadurch gekennzeichnet,

dass die Regelungseinrichtung als ein elektrisch-steuerbares optisches Filter (113) ausgebildet und im Strahlengang des optischen Systems (110) vor oder hinter dem 20 Anzeigefeld (114) angeordnet ist.

4. Bildprojektor (100) nach Anspruch 3,

dadurch gekennzeichnet,

dass das optische Filter (113) als einstellbare Graustufenmaske ausgebildet ist.

25

5. Bildprojektor (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 4,

dadurch gekennzeichnet,

dass die Regelungseinrichtung - ggf. zusätzlich zu dem optischen Filter (113) - eine Komponente (120') des Bildprozessors (120) aufweist zum Rücksetzen und Überführen

der Helligkeit des von dem Bildprozessor (120) für das Anzeigefeld (114) bereitgestellten Bildes im Ansprechen auf das Helligkeits-Steuersignal.

6. Bildprojektor (100) nach Anspruch 5,

5 dadurch gekennzeichnet,

dass der Bildprozessor (120) ausgebildet ist, das Bild - so lange kein Bogenspringen stattfindet - mit einer gegenüber einer Nenn-Gesamthelligkeit von 100% vorzugsweise um einige Prozentpunkte verringerten Gesamthelligkeit an das Anzeigefeld (114) auszugeben, um in dem Fall, dass bei dem Vergleich zum Zeitpunkt t-1 eine gegenüber  
10 dem Zeitpunkt t-2 aufgrund eines zwischenzeitlich stattgefundenen Bogenspringens verringerte Gesamthelligkeit des Lichtes festgestellt worden ist, die Gesamthelligkeit des von dem Bildprozessor (120) erzeugten Bildes für das Anzeigefeld (114) im Ansprechen auf einen die Gesamthelligkeit betreffenden Teil des Helligkeits-Steuersignals so schnell auf bis zu maximal 100% der Gesamthelligkeit zu erhöhen,  
15 dass diese Veränderung der Gesamthelligkeit für das menschliche Auge nicht wahrnehmbar ist.

7. Bildprojektor (100) nach Anspruch 5,

dadurch gekennzeichnet,

20 dass der Bildprozessor (120) ausgebildet ist - wenn seit mindestens einem vorbestimmten Zeitintervall  $\Delta t_1$  kein Bogensprung mehr auftreten ist - die Gesamthelligkeit des an das Anzeigefeld (114) ausgegebenen Bildes, ausgehend von einer verringerten Gesamthelligkeit auf eine Nenn-Gesamthelligkeit von 100% zu erhöhen, um dann nachfolgend - wenn das Bogenspringen wieder eingesetzt hat - die  
25 Basishelligkeit des an das Anzeigefeld (114) auszugebenen Bildes wieder auf einen zur Kompensation der durch das Bogenspringen bedingten Veränderung der Gesamthelligkeit geeigneten Gesamthelligkeitswert zu reduzieren.

8. Bildprojektor nach Anspruch 7,

dadurch gekennzeichnet,

dass sowohl die Erhöhung der Gesamthelligkeit auf 100% wie auch deren Reduzierung so langsam, vorzugsweise während einiger Sekunden, erfolgen, dass sie für das  
5 menschliche Auge nicht wahrnehmbar sind.

9. Bildprojektor (100) nach einem der vorangegangenen Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet,

dass die Regelungseinrichtung, vorzugsweise neben dem optischen Filter (113) und /  
10 oder der Komponente (120') des Bildprozessors, einen mit dem Lampentreiber (131) verbundenen Lampenregler (132) aufweist zum Regeln der von der HID-Lampe (112) in das optische System (110) abgegebenen Lichtmenge im Ansprechen auf ein von der Vergleichereinrichtung (150) erzeugtes Lichtmengensignal, welches die Gesamthelligkeitskomponente des Helligkeits-Steuersignals repräsentiert, soweit die  
15 Gesamthelligkeit nicht bereits durch eine dafür geeignete Ansteuerung des optischen Filters (113) oder des Bildprozessors (120) kompensiert wird.

10. Bildprojektor (100) nach Anspruch 9,

dadurch gekennzeichnet,

20 dass der Lampenregler (132) ausgebildet ist, eine über die Nenn-Gesamthelligkeit von 100% hinaus erforderliche Kompensation der durch das Bogenspringen verursachten Verringerung der Gesamthelligkeit zu realisieren.

11. Bildprojektor (100) nach Anspruch 10,

25 dadurch gekennzeichnet,

- dass der Lampenregler (132) ausgebildet ist, die HID-Lampe (112) so anzusteuern, dass die Lampe (112) unmittelbar nach dem Zeitpunkt  $t_0$  dem optischen System dieselbe Lichtmenge ( $F_2$ ) zusätzlich zuführt, welche sie dem optischen System in dem Zeitraum zwischen dem vorangegangenen Bogensprung und dem Zeitpunkt  $t_0$  aufgrund

- einer durch das Bogenspringen verursachten Verringerung der Helligkeit des Lichtes zu wenig gegenüber einer Nenn-Lichtmenge zugeführt hat (F1); oder
- dass der Lampenregler (132) ausgebildet ist, die HID-Lampe (112) so anzusteuern, dass die Lampe (112) unmittelbar nach dem Zeitpunkt  $t_0$  dem optischen System
- 5 dieselbe Lichtmenge (F2) weniger zuführt, welche (F1) sie dem optischen System in dem Zeitraum zwischen dem vorangegangenen Bogenspringen und dem Zeitpunkt  $t_0$  aufgrund einer durch das Bogenspringen verursachten Vergrößerung der Helligkeit des Lichtes mehr gegenüber einer Nenn-Lichtmenge zugeführt hat.
- 10 12. Bildprojektor (100) nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Sensoreinrichtung (140) zum gleichzeitigen Erfassen der Gesamthelligkeit und/oder der Helligkeitsverteilung des Lichtes ausgebildet ist.
- 15 13. Bildprojektor (100) nach einem der Ansprüche 1-11, dadurch gekennzeichnet, dass die Sensoreinrichtung (140) mindestens 2 an unterschiedlichen Orten im Strahlengang des optischen Systems angeordnete Sensorelemente (140-1, 140-2, ...) aufweist.
- 20 14. Bildprojektor (100) nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Sensorelemente (140-1, 140-2,...) auf der Oberfläche und/oder am Rand des Anzeigefeldes (114) verteilt angeordnet sind.
- 25

15. Bildprojektor (100) nach Anspruch 14,

dadurch gekennzeichnet.

dass das Anzeigefeld (114) mehreckig, insbesondere viereckig ausgebildet ist und dass  
jeweils ein Sensorelement mittig auf einem Randabschnitt und/oder auf den Ecken des  
5 Anzeigefeldes (114) angeordnet ist.

16. Bildprojektor (100) nach Anspruch 12,

dadurch gekennzeichnet.

dass das optische System (110) eine optische Licht-Auskoppelvorrichtung,  
10 insbesondere einen dichroischen Umlenkspiegel, aufweist zum Auskoppeln eines  
repräsentativen Teils des auf das Anzeigefeld (114) auftreffenden Lichtes; und dass  
die Sensoreinrichtung (140) an geeigneter Position außerhalb des Strahlenganges  
angeordnet ist zum Erfassen des ausgekoppelten Teils des Lichtes.

15 17. Verfahren zum Betreiben eines Bildprojektors (100) mit einer High-Intensity-  
Discharge HID-Lampe (112), insbesondere einer Ultra-High-Pressure UHP-Lampe,  
einem Anzeigefeld (114) und einer Linseneinheit (116), umfassend die Schritte:  
Projizieren eines auf dem Anzeigefeld (114) bereitgestellten Bildes mit Hilfe der HID-  
Lampe (112) über die Linseneinheit (116) auf eine Bildschirmeinrichtung (118);  
20 gekennzeichnet durch:

- Erfassen der Helligkeit, insbesondere der Gesamthelligkeit und / oder der  
Helligkeitsverteilung, des auf das Anzeigefeld (114) auftreffenden Lichtes, zu  
verschiedenen Zeitpunkten;
- Vergleichen der zu einem vorherigen Zeitpunkt t-2 und einem späteren Zeitpunkt t-1  
25 erfassten Helligkeit des Lichtes und, wenn zu dem späteren Zeitpunkt t-1 eine durch ein  
bei der HID-Lampe (112) aufgetretenes Bogenspringen verursachte Veränderung der  
Helligkeit gegenüber dem vorherigen Zeitpunkt t-2 festgestellt wurde,
- Kompensieren der festgestellten Veränderung der Helligkeit des Lichtes durch  
Rücksetzen der Helligkeit des auf die Bildschirmeinrichtung (118) auftreffenden

Lichtes auf insbesondere die zu dem vorherigen Zeitpunkt  $t-2$  ermittelte Helligkeit, um nachfolgend diese Helligkeit während eines vorgegebenen Zeitintervalls  $T$  in die zu dem späteren Zeitpunkt  $t-1$  erfasste Helligkeit zu überführen, wobei das Rücksetzen so kurzfristig nach dem Bogenspringen und das Überführen der Helligkeit während des  
5 Zeitintervalls  $T$  so langsam erfolgen, dass die damit jeweils verbundenen Veränderungen der Helligkeit des auf die Bildschirmeinrichtung (118) projizierten Bildes für das menschliche Auge nicht wahrnehmbar sind.

18. Verfahren nach Anspruch 17,

10 dadurch gekennzeichnet,

dass bei dem Vergleich der Helligkeiten festgestellt wird, ob zwischen dem vorherigen Zeitpunkt  $t-2$  und dem späteren Zeitpunkt  $t-1$  eine geometrische Verschiebung des Ortes des Maximums der Helligkeitsverteilung und/oder eine Veränderung der Gesamthelligkeit des von der Sensoreinrichtung (140) erfassten Lichtes erfolgt ist.

15

19. Verfahren nach Anspruch 18,

dadurch gekennzeichnet,

dass der Schritt des Rücksetzens der Helligkeit folgende Teilschritte umfasst:

- Berechnen einer mathematischen Kompensationszeitfunktion, welche die ermittelte  
20 Veränderung der Helligkeit repräsentiert; und
- Abwandeln der aktuellen Helligkeit des auf die Bildschirmeinrichtung (118) auftreffenden Lichtes nach Maßgabe durch die Kompensationszeitfunktion so, dass die Helligkeit dieses Lichtes wieder auf jene zu dem vorherigen Zeitpunkt  $t-2$  eingestellt wird.

25

20. Verfahren nach Anspruch 17,

dadurch gekennzeichnet,

5 dass der Schritt der Überführens der Helligkeit des vorherigen Zustandes  $t-2$  in jene des späteren Zustandes  $t-1$  nach Maßgabe durch eine über das Zeitintervall  $T$  in vorbestimmter Weise zunehmende Dämpfung der Kompensationszeitfunktion erfolgt.

21. Verfahren nach Anspruch 17,

dadurch gekennzeichnet,

dass die Größenordnung des Zeitintervalls  $T$  im Bereich einiger Sekunden liegt.

10



ZUSAMMENFASSUNG

## Bildprojektor und Verfahren zu dessen Betrieb

Die Erfindung betrifft einen Bildprojektor mit einer High-Intensity-Discharge HID-Lampe 112 und ein Verfahren zu seinem Betrieb. Derartige Lampen haben den

5 Nachteil, dass ihr Lichtbogen zu nicht vorhersehbaren Zeitpunkten während ihres Betriebs zwischen unterschiedlichen Positionen hin und her springt. Dieses sogenannte Bogenspringen bewirkt eine Veränderung der Helligkeit, d.h. der Gesamthelligkeit und / oder der Helligkeitsverteilung des von der HID-Lampe 112 ausgesendeten Lichtes.

10 Für den Betrachter eines mit einem solchen Projektor projizierten Bildes zeigt sich dieser Effekt in einem Rucken dieses projizierten Bildes. Zur Vermeidung derartiger Auswirkungen für den Betrachter wird erfindungsgemäß zunächst vorgeschlagen, Veränderungen der Helligkeit des Lichtes im Strahlengang des Bildprojektors zu erfassen. Sobald eine durch einen Bogensprung bedingte Veränderung der Helligkeit festgestellt wurde, wird diese auf die zu einem Zeitpunkt  $t-2$  vor dem Bogensprung

15 ermittelte Helligkeit zurückgesetzt, um sie dann nachfolgend während eines vorgegebenen Zeitintervalls  $T$  in die durch den Bogensprung bedingte Helligkeit zu überführen. Dabei muss das Rücksetzen so kurzfristig nach dem Bogenspringen und das Überführen so langsam erfolgen, dass die mit dem Bogenspringen, dem Rücksetzen und dem Überführen jeweils verbundenen Veränderungen der Helligkeit des auf die

20 Bildschirmeinrichtung 118 auftreffenden Lichtes für das menschliche Auge nicht wahrnehmbar sind.

Fig. 1

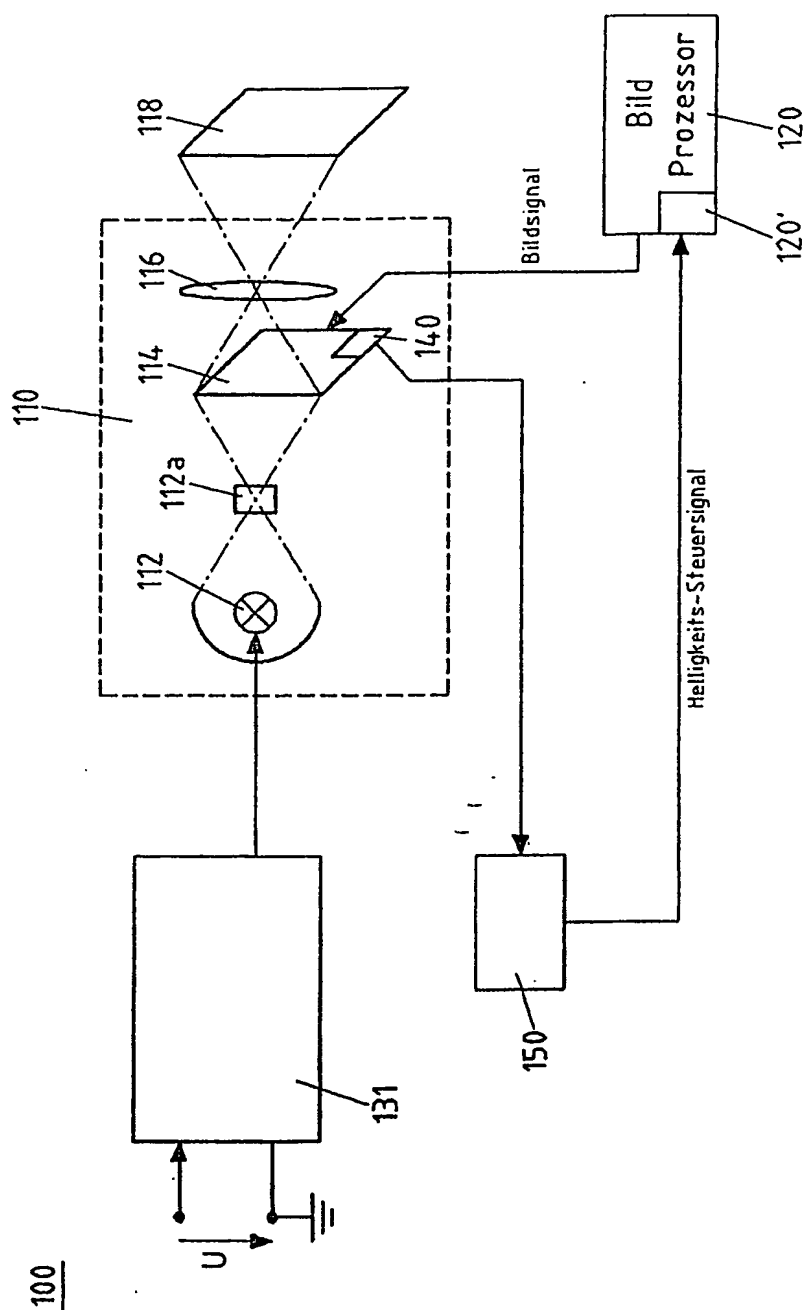


Fig. 1

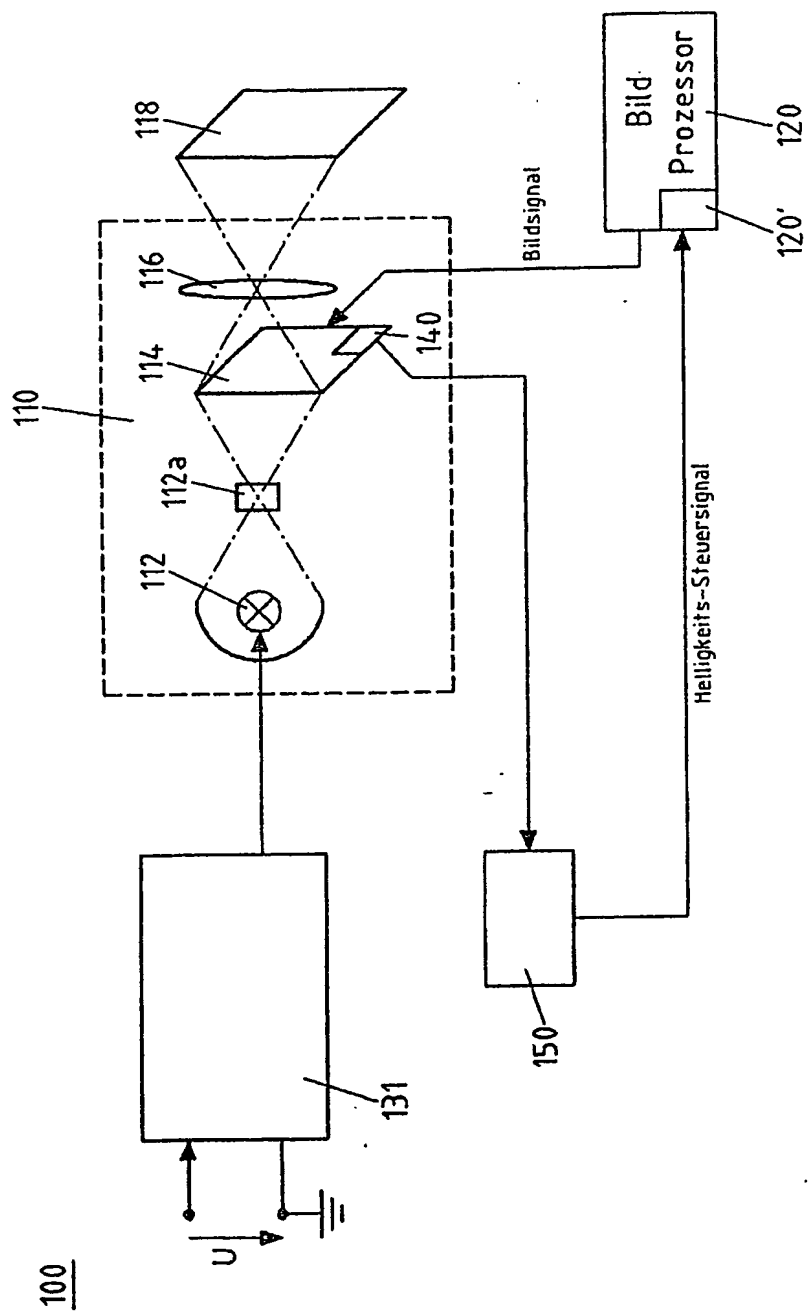


Fig.1

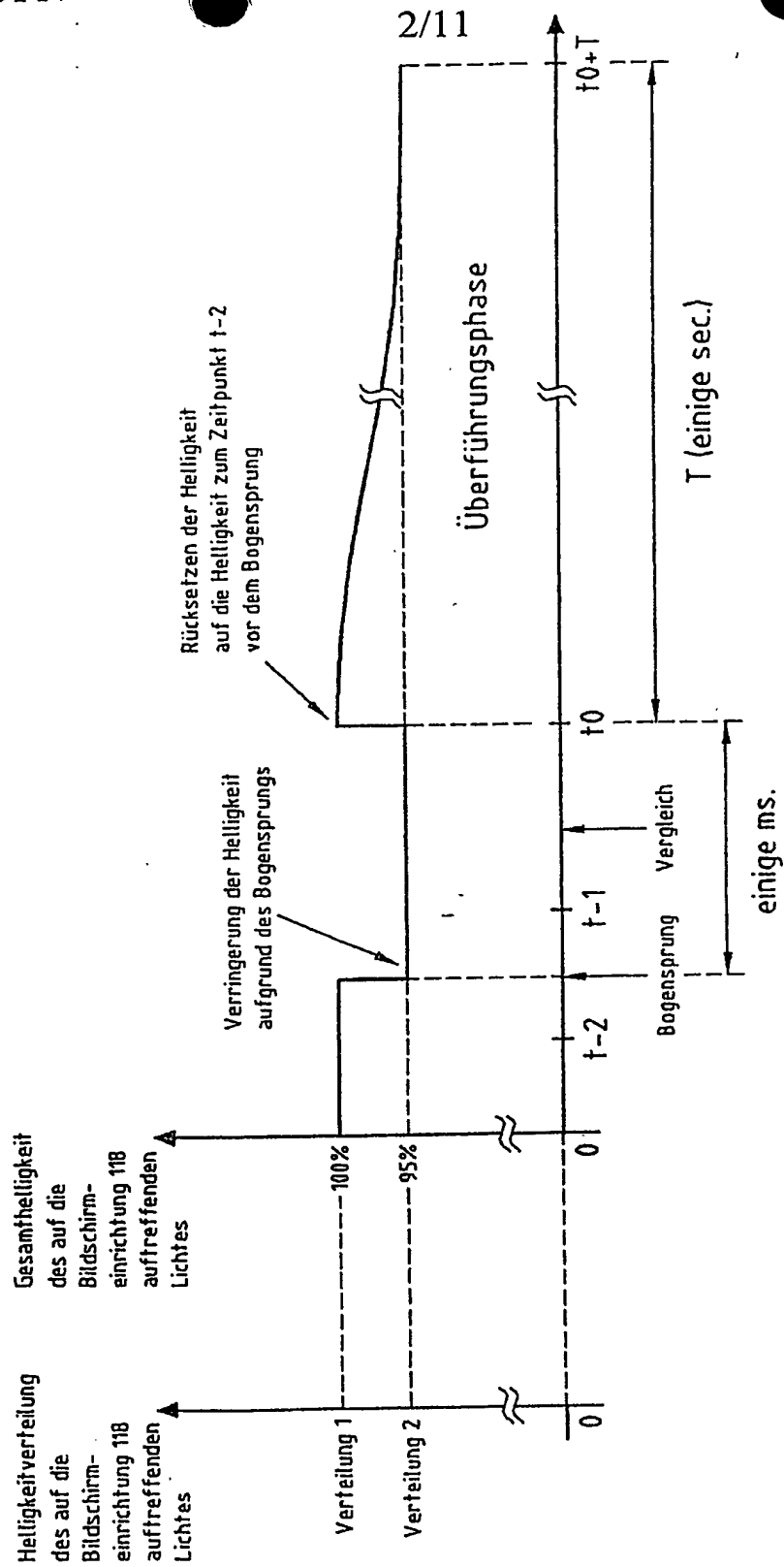


Fig.2a

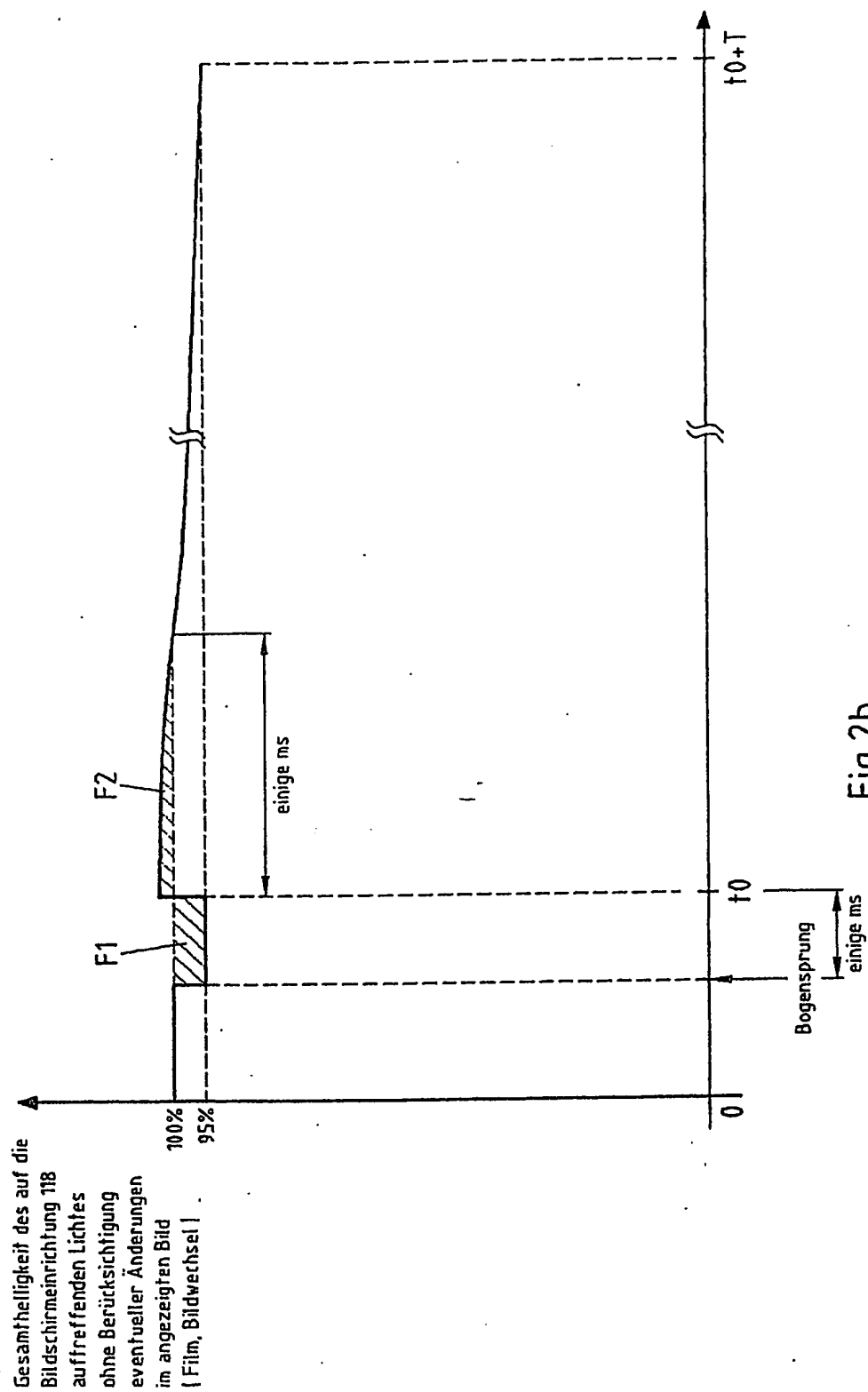
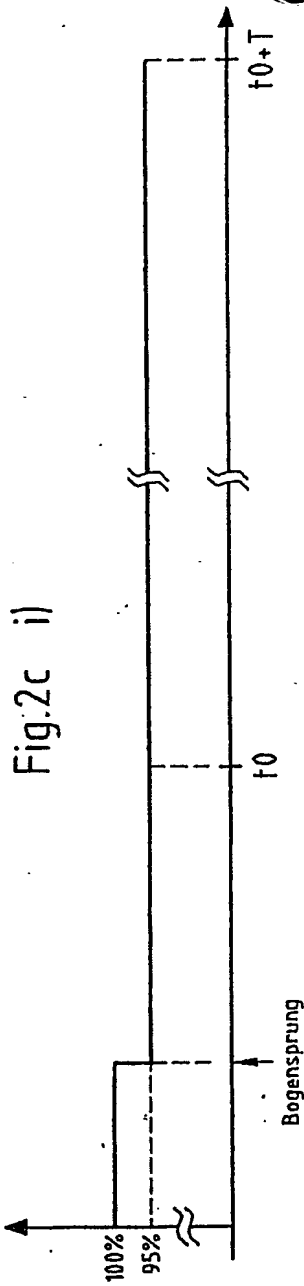
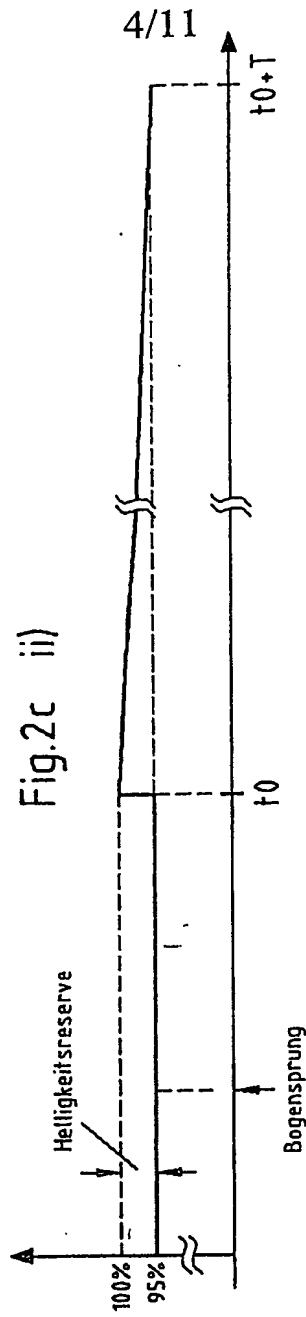


Fig.2b

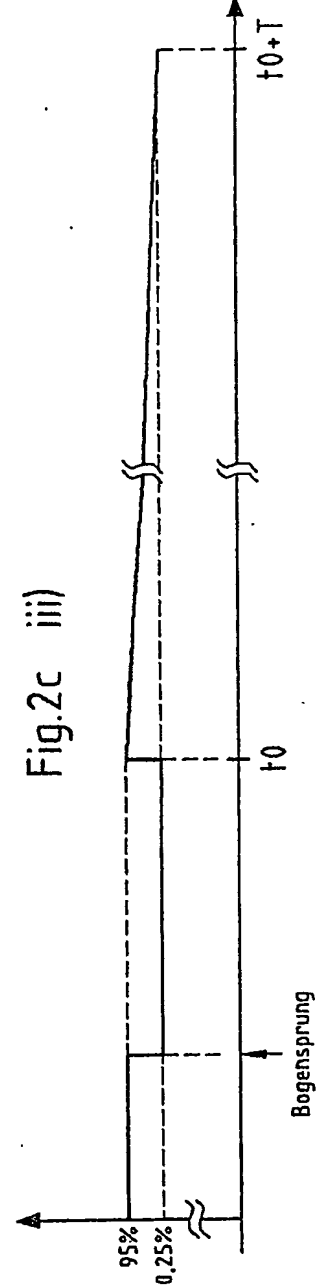
Veränderung der  
Gesamthelligkeit  
des von der HID-Lampe  
auf das Anzeigenfeld  
abgegebenen Lichtes



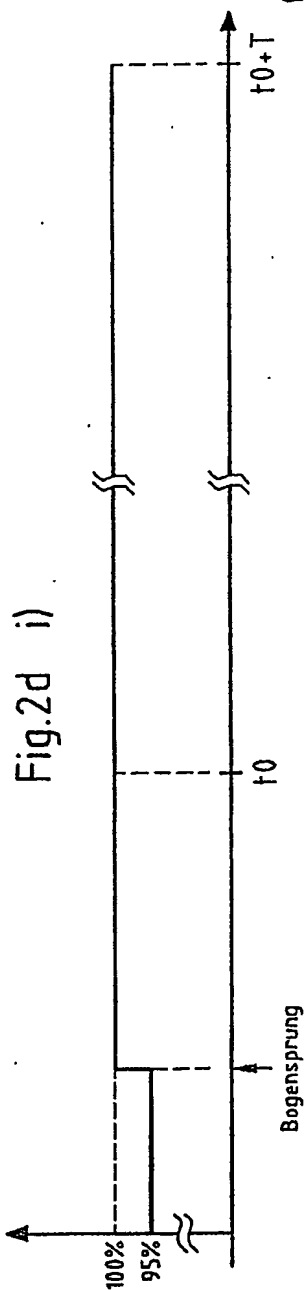
Veränderung der  
Gesamthelligkeit/  
Durchlässigkeit des  
optischen Filters  
oder des Bildes  
im Anzeigenfeld



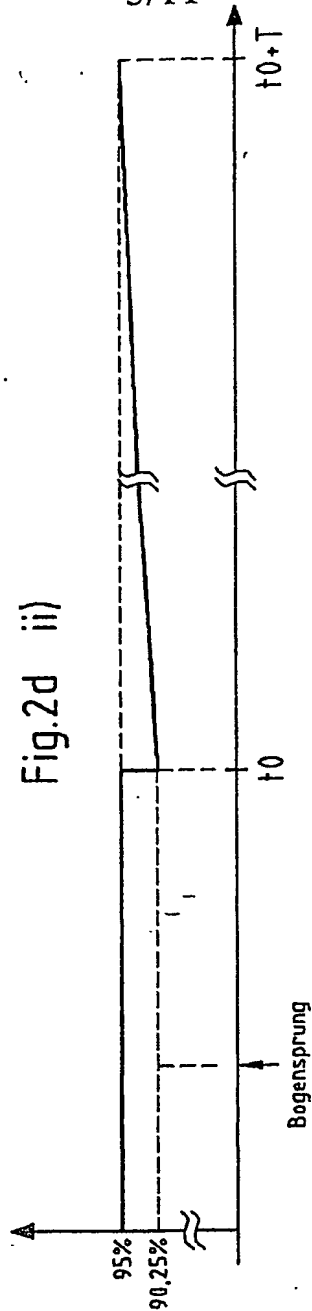
Veränderung der  
Gesamthelligkeit des auf die  
Bildschirmeinrichtung 118  
aufreffenden Lichtes  
ohne Berücksichtigung  
eventueller Änderungen  
im angezeigten Bild  
(Film, Bildwechsel)



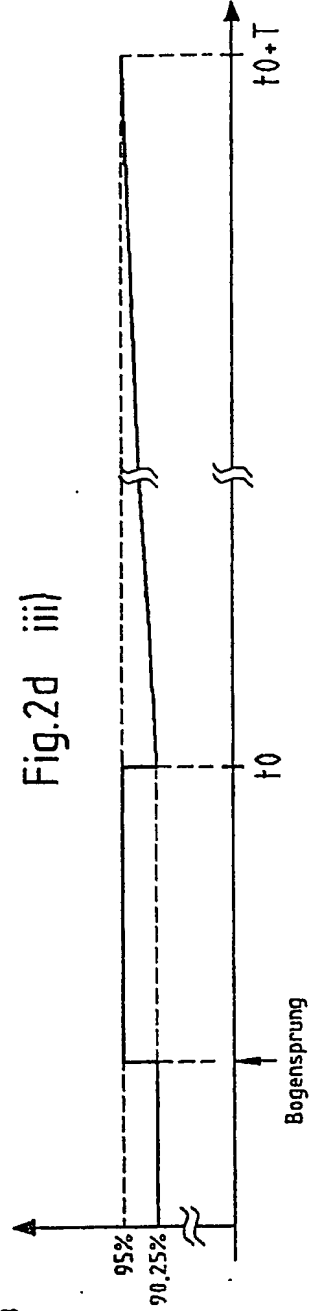
Veränderung der  
Gesamthelligkeit  
des von der HID-Lampe  
auf das Anzeigenfeld  
abgegebenen Lichtes



Veränderung der  
Gesamthelligkeit/  
Durchlässigkeit des  
optischen Filters  
oder des Bildes  
im Anzeigenfeld



Veränderung der  
Gesamthelligkeit des auf die  
Bildschirmeneinrichtung 118  
auftreffenden Lichtes  
ohne Berücksichtigung  
eventueller Änderungen  
im angezeigten Bild  
(Film, Bildwechsel)



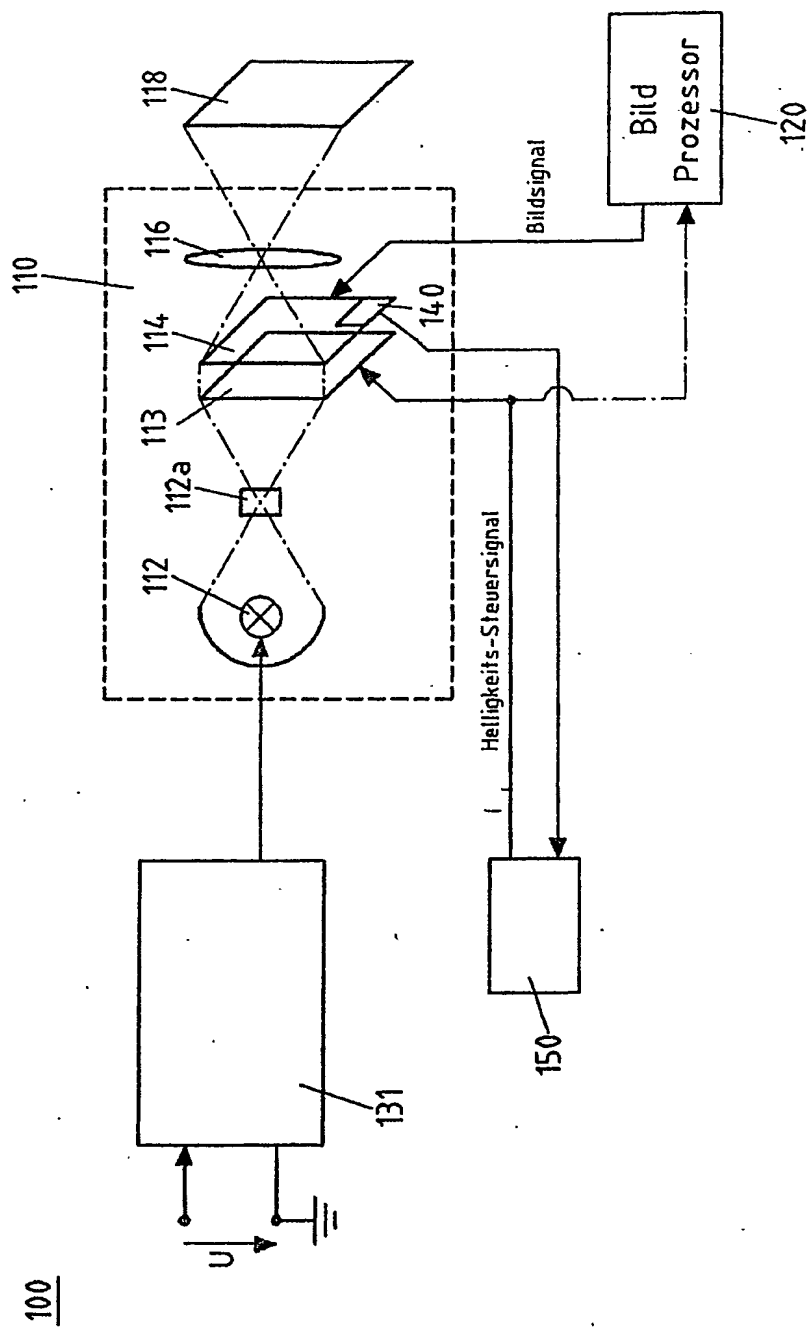


Fig.3



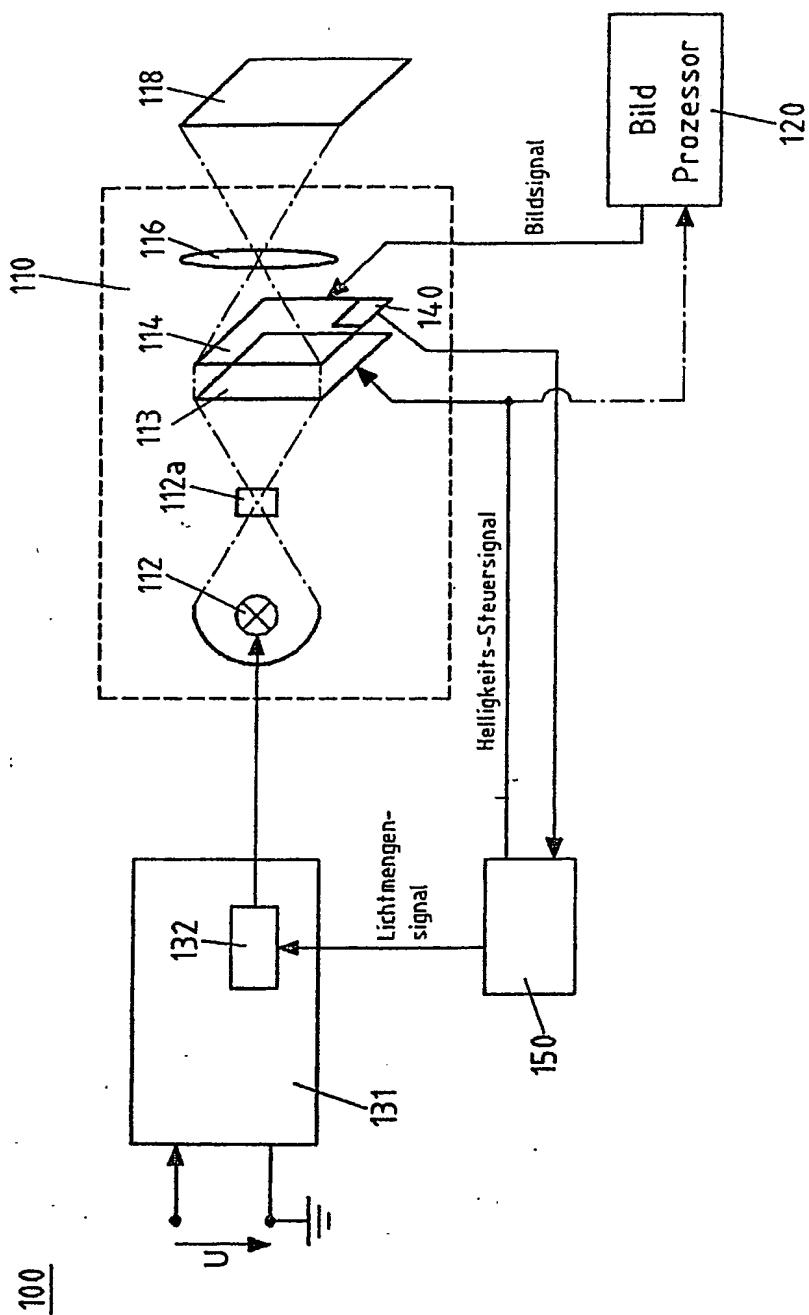


Fig.4

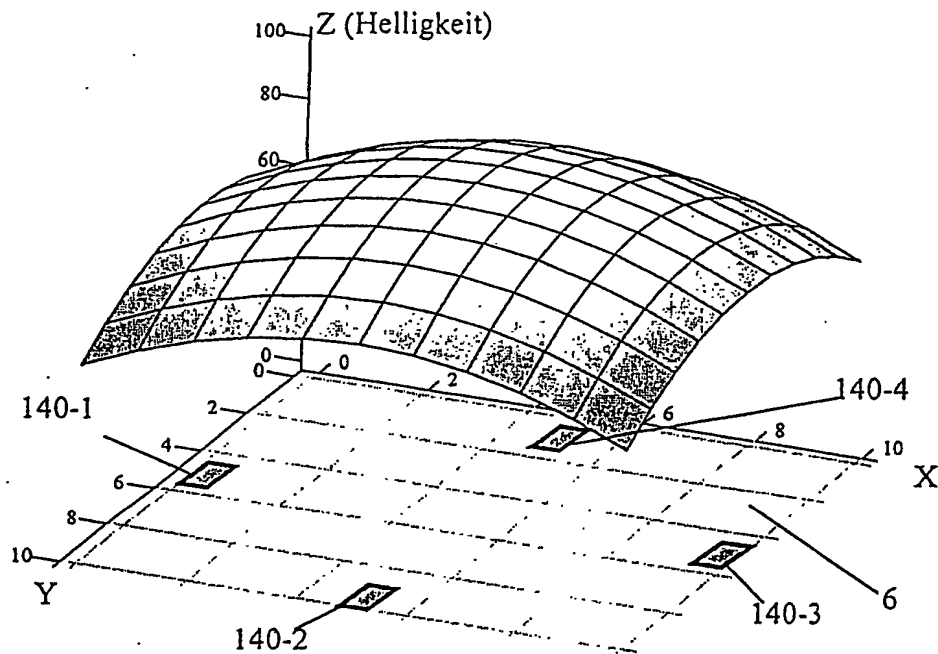


Fig. 5a

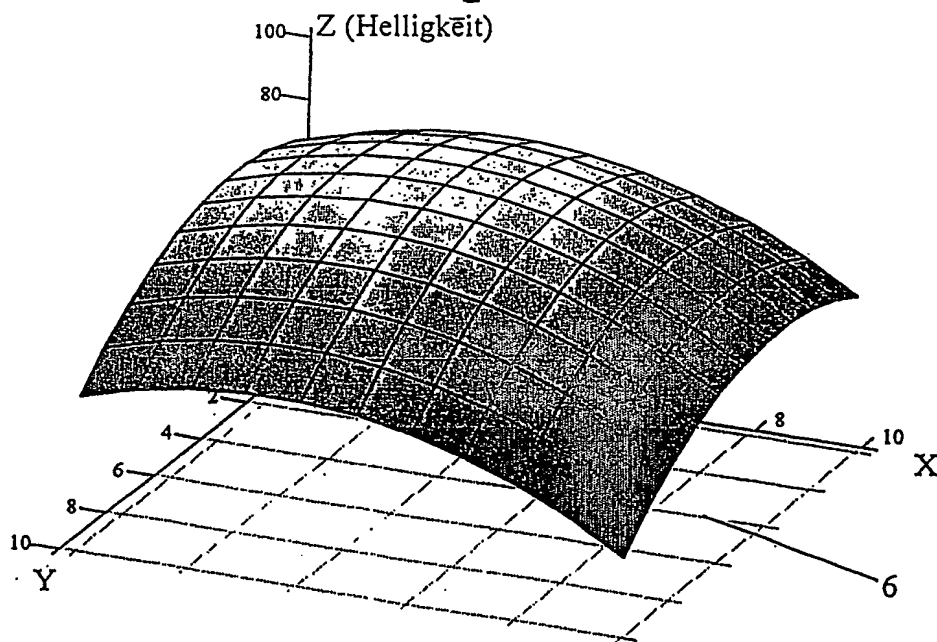


Fig. 5b

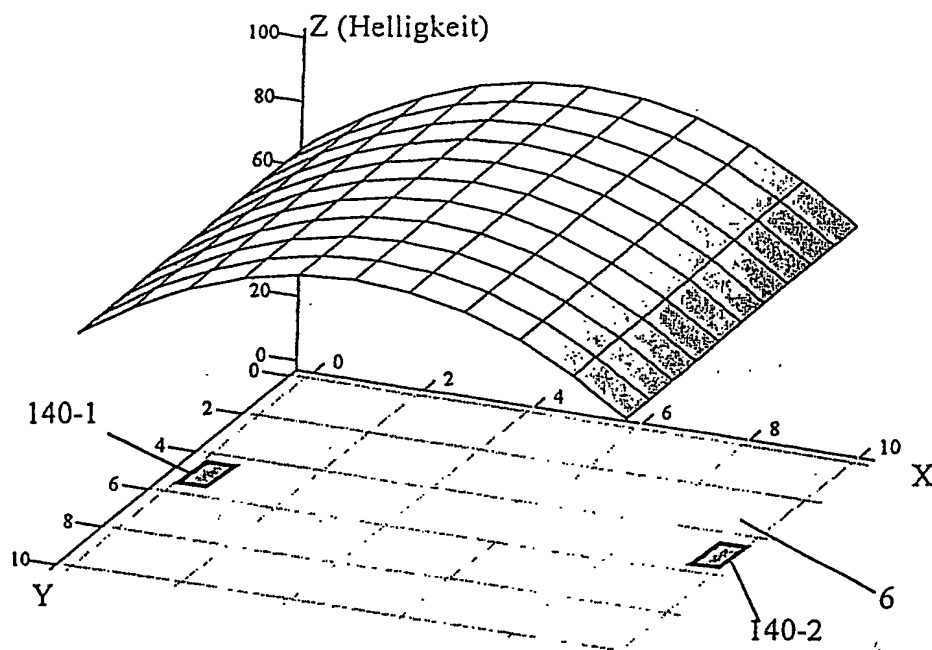


Fig. 5c

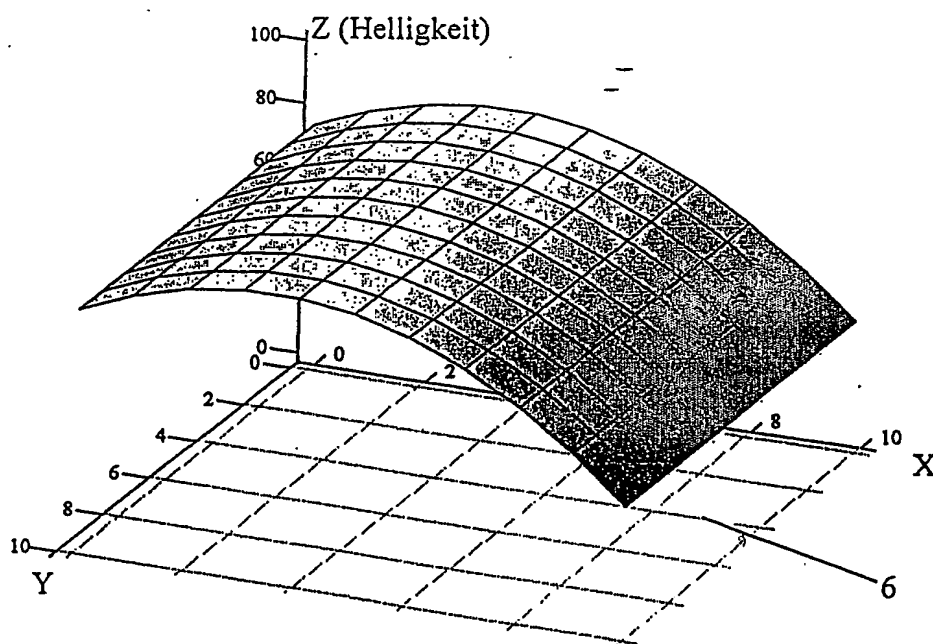


Fig. 5d

PHDE020117

10/11

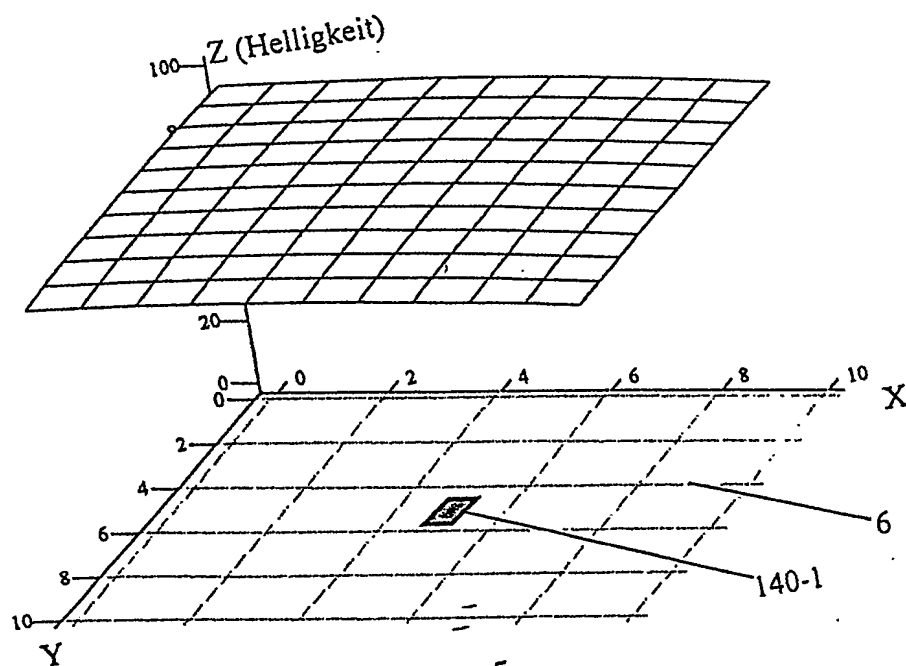


Fig. 5e

